Міністерство освіти і науки України

Східноукраїнський національний університет імені В. І. Даля

Кафедра залізничного транспорту

**Курсова робота**

**З дисципліни:** Електрообладнання локомотивів

**Тема:** Розрахунок тягово- енергетичних характеристик тепловозу

**Варіант 24** Локомотив 2ТЭ121

**Реферат**

Курсовая работа по “Электрооборудование локомотивов” включает расчетно-пояснительную записку с., табл., 3 рис.

Дизель-генератор, ТЭД, тяговый редуктор, номинальная мощность дизеля, сцепная масса локомотива, электрическая передача мощности, функциональная схема, длительная сила тяги, касательная мощность локомотива, КПД передачи мощности, КПД тепловоза, внешняя характеристика тягового генератора, электромеханические характеристики ТЭД, тяговая характеристика тепловоза, тягово-энергетические характеристики локомотива,

Дана функциональная схема и дано краткое описание электрической передачи мощности заданного локомотива, даны расчёты основных параметров передачи мощности тепловоза в длительном режиме, внешней характеристики тягового генератора, Тяговой характеристики тепловоза и его КПД, силы тяги локомотива, ограниченной сцеплением колеса с рельсами, приведены тягово-энергетические характеристики проектного локомотива и даны основные выводы по рассчитанной передаче мощности тепловоза.

**Содержание**

Введение

1. Краткое описание электропередачи мощности тепловоза 2ТЭ12

2. Основные исходные данные для расчёта тягово-энергетических характеристик проектного тепловоза

3. Расчет основных параметров передачи мощности тепловоза в длительном режиме

4. Расчёт и построение тяговой характеристики тепловоза и его КПД

4.1 Расчёт и построение внешней характеристики тягового генератора

4.2Расчёт тяговой характеристики тепловоза и его КПД

4.3 Расчёт касательной силы тяги тепловоза, ограниченной сцеплением колес с рельсами

4.4 Построение тягово-энергитических характеристик тепловоза

Заключение

Список использованной литературы

Приложение

**Введение**

Передача мощности от теплового двигателя к колесам является основной энергетической цепью локомотива. Как в нашей стране, так и в большинстве стран мира на тепловозах средней и большой мощности наибольшее применение находит электрическая передача мощности, благодаря своей универсальности, гибкости и простоте управления, компоновки, высокой надежности и долговечности работы.

Параметры и характеристики того или иного типа электропередач существенно влияют на основные технико-экономические и качественные показатели тепловозов – габариты и массу, коэффициенты тяги и передачи мощности, экономичность и надёжность работы, характер обслуживания, ремонта и т.д.

Основные требования к передаче мощности локомотива:

1. полное использование свободной мощности дизеля во всем диапазоне изменения скоростей движения;
2. обеспечение постоянства загрузки дизеля и его работу в наиболее экономичных режимах при изменении тяговой нагрузки;
3. реализация наибольшего коэффициента сцепления колес с рельсами во всех режимах движения;
4. высокий КПД и приемлемые массогабаритные показатели.

**1. Краткое описание электропередачи мощности тепловоза 2ТЭ121**

Магистральный двухсекционный грузовой тепловоз 2ТЭ121 мощностью 2×2941(2×4000 л.с.) с электропередачей переменно-постоянного тока создан на ПО “ ВТЗ” в 1977 году и предназначен для вождения грузовых поездов.

На тепловозе впервые приняты принципиально новые конструктивные решения по компоновке и исполнению тележек для нового мощного ряда локомотивов 2942-4410 кВт и нагрузках на ось 250-270 кН. Кузов секции тепловоза несущей конструкции, опирается на 2 трехосные тележки через роликово-резиновые опоры.

На каждой секции установлен дизель-генераторный агрегат 2В-9ДГ, состоящий из дизеля 2В-5Д49 и тягового агрегата А-714У2. Тяговый агрегат состоит из тягового (PT = 2800кВТ) и вспомогательных (PВГ = 400кВт) генераторов. Сверху на агрегате смонтирована выпрямительная установка типа УВКТ-942(заменена впоследствии на В-МППД-6,3к-1000-2) с общим каналом охлаждения для всего агрегата.

Выпрямленное напряжение ВУ подводится к 6 ТЭД постоянного тока типа ЭД-126УХЛ1 мощностью и через зубчатые тяговые редукторы энергия дизеля передается к осям колесных пар. ТЭД выполнены с опорно-рамным подвешиванием.

Запуск дизеля осуществляется через стартер-генератор ПСГ-УХЛ2 мощностью 50 кВт от аккумуляторной батареи.

Параметры и характеристики электропередачи обеспечиваются использованием бесконтактных комплектных устройств автоматики КУА-10, КУА-13, КУА-14.

КУА-10 служит для питания обмоток возбуждения тягового и вспомогательного синхронного генераторов и содержит 3 однотипных тиристорных выпрямителя с нулевым выводом БА1-1, БА1-2, БА1-3; БА1-2 – резервный.

КУА-13 предназначено для формирования в замкнутой САР заданных характеристик тягового и вспомогательного генераторов.

КУА-14 служит для регулирования возбуждения ТЭД в режиме электродинамического возбуждения (ЭДТ).

**2. Основные исходные данные для расчета тягово-энергетических характеристик проектного тепловоза**

Таблица 1

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Параметр | Обозначение | Величина |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1. | Номинальная мощность дизеля, кВт | Pн | 2941 |
| 2. | Номинальная частота вращения вала дизеля, об/мин | n | 1000 |
| 3. | Сцепная масса локомотива, т | Mсц | 147 |
| 4. | Конструкционная скорость, км/ч | Vk | 100 |
| 5. | Передаточное отношение зубчатого тягового редуктора | µЗ | 4,318 |
| 6. | Диаметр движущих колес, м | Dk | 1,25 |
| 7. | Расчетный коэффициент тяги | ϕкр | 0,208 |
| 8. | Коэффициент полноты загрузки дизеля | σ | 1,0 |
| 9. | Мощность на привод вспомогательных механизмов, % | Pвсп | 12 |
| 10. | Тип тягового генератора |  | А-714УХЛ2 |
| 11. | КПД генератора, о.е. | ηгр | 0,95 |
| 12. | Коэффициент регулирования генератора по напряжению | Cr | 1,6 |
| 13. | Коэффициент регулирования генератора по току | CrI | 2,45 |
| 14. | КПД выпрямительной установки | ηву.р | 0,988 |
| 15. | КПД инвертора | ηи | 1,0 |
| 16. | Тип тягового электродвигателя |  | ЭД-126УХЛ1 |
| 17. | Напряжение ТЭД в длительном режиме, В | U’ТЭД.н | 510 |
| 18. | Максимальное напряжение на выходе ВУ, В | Ud.макс | 750 |
| 19. | Ток ТЭД длительного режима, А | I’ТЭД.н | 880 |
| 20. | КПД ТЭД, о.е. | ηТЭД.р | 0,902 |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 21. | Степень ослабления магнитного поля ТЭД, о.е. | αα1α2 | 10,660,44 |
| 22. | Сопротивление обмоток ТЭД, Ом якоря,главных полюсов,дополнительных полюсов | RяRг.п.Rд.п. | 0,0120,00920,0078 |
| 23. | Падение напряжения на щетках, В | ΔUщ | 2 |
| 24. | Температура наружного воздуха, | tн | 20 ° С |
| 25. | Температура прогретого ТЭД, | tr | 115 ° С |
| 26. | Число ТЭД, шт. | m | 6 |
| 27. | КПД тягового редуктора, о.е | ηз | 0,975 |
| 28. | Удельная теплота сгорания топлива, кДж/кг | Hu | 42496 |
| 29. | Удельный расход топлива дизелем, кг/(кВт\*ч) | ge | 0,209 |

**3. Расчёт основних параметров передачи мощности тепловоза в длительном режиме**

В начале произведем выбор основных параметров тепловоза в расчётном (длительном) режиме. Расчёт тягово-энергетических характеристик тепловоза поизводится на ПЭВМ, по программе разработанной на кафедре ж/д транспорта, с использованием математического пакета Math Cad [1].

Длительная сила тяги локомотива Fк.р. определяется при принятом значении коэффициента тяги ϕк.р.= 0,166 и движении тепловоза с расчётной массой Mсц = 120 т на расчётном подъёме (i = 9 %) по формуле:

Fк.р = 9.81\* Mсц\*ϕк.р., кН (3.1)

Fк.р = 9.81\*147\*0,208 = 299,9 кН

Эффективная мощность дизеля

Pe = Pн \*σ ,кВт (3.2)

Pe = 2941\*1,0 = 2941 кВт

где σ = 1,0 – коэффициент полноты загрузки дизеля на последней позиции контроллера машиниста для электрической передачи мощности.

Мощность, расходуемая на привод вспомогательных механизмов тепловоза Pвсп, равна:

Pвсп = Pe \* (Pвсп, % / 100), кВт (3.3)

Pвсп= 2941 \*12/100 = 353 кВт

Свободная мощность дизеля (или мощность идущая на тягу) равна:

Pд= Pe - Pвсп, кВт (3.4)

Pд= 2941 – 353 = 2588 кВт

Коэффициент, учитывающий долю отбора мощности дизеля на привод вспомогательных механизмов:

β= (Pe - Pвсп) / Pe, (3.5)

β= (2941 -353)/2941 = 0,88

КПД передачи мощности проектного тепловоза:

η= ηсг.р\*ηву.р\*ηТЭД.р\*ηзр (3.6)

ηп.р.= 0,96\*0,991\*0,915\*0,975 = 0,849

где ηсг.р,ηву.р,ηТЭД.р,ηзр – значения КПД берутся для длительного режима работы по соответствующим техническим данным электрических машин [1.2].

Расчётная скорость движения тепловоза вычисляется по формуле:

Vкр.= (3,6\* Pд\*ηп.р) / Fк.р, км/ч (3.7)

Vкр.= 3,6\*2588\*0,849/299,9 = 26,4 км/ч

Мощность на выходе выпрямительной установки(ВУ):

Pd.p.= Pву.р.= Pд\*ηсг.р\*ηву.р (3.8)

Pd.p.= Pву.р.= 2588\*0,96\*0,991= 2462 кВт

Входная мощность P1ТЭД.р и мощность на валу P2p.= PТЭД.р тягового электродвигателя равны:

P1ТЭД.р= Pd.p./m ,кВт P1ТЭД.р= 2462 /6 = 410,3 кВт (3.9.)

PТЭД.р= P1ТЭД.р\*ηТЭД.р.,кВт PТЭД.р= 410,3\*0,915 = 375,4 кВт

где m = 6 – число ТЭД

Номинальная частота вращения якоря ТЭД:

nном = µЗ\* Vкр / (0,1885\*Dk), об/мин (3.10)

nном = 4,318\*26,4/(0,1885\*1,25) = 484 об/мин

где µЗ – передаточное отношение тягового редуктора.

Максимальная частота вращения якоря ТЭД:

nмакс= nном \* Vk / Vкр, об/мин (3.11)

nмакс= 484 \* 100/ 26,4 = 1833 об/мин

где Vk = 100 км/ч – конструкционная скорость движения тепловоза.

Касательная мощность локомотива в длительном режиме:

Pк.р.= (Fк.р.\* Vк.р.)/ 3,6, кВт (3.12)

Pк.р.= (299,9\*26,4)/ 3,6 = 2200 кВт

КПД тепловоза в расчетном режиме равен:

ηт.р.= 3600\* Pк.р / Bч\*Hи , о.е. (3.13)

ηт.р.= 3600\*2200/614,6\*42496 = 0,303

где Bч – часовой расход топлива дизелем, кг

Bч = ge\*Pe, кг (3.14)

Bч = 0,209\*2941 = 614,6 кг

где ge = 0,209 кг/(кВт\*ч) – удельный расход дизельного топлива [1].

КПД дизеля можно определить как:

ηдиз.=3600/ ge\* Hи, о.е. (3.15)

ηдиз.= 3600/ 0,209 \*42496 = 0,405

Для проверки КПД тепловоза можно вычислить по формуле:

ηт.р1 = ηдиз\*ηп.р\*β (3.16)

ηт.р1 = 0,405\*0,88\*0,849 = 0,303

Коэффициент передачи мощности тепловоза:

fp = Pk.p./ Pe (3.17)

fp = 2200 / 2941 = 0.748

Удельная номинальная мощность тепловоза вычисляется:

Pн= Pk.p / Mсц ,кВт/т (3.18)

Pн= 2200 / 147 = 14, 97 кВт/т

**4. Расчёт и построение тяговой характеристики тепловоза и его КПД**

Расчёт производится по имеющимся электромеханическим характеристикам ТЭД заданных в табличной форме (табл.2), снятых при напряжении на ТЭД UТЭД при полном αпп = 1,0 и двух ослабленных магнитных полях ТЭД α1 = 0,66 и α2 = 0,44.При этом необходимо стремиться, чтобы мощность на валу была равна мощности ТЭД проектного тепловоза.

Степень ослабления магнитного поля ТЭД выражается:

α = Iв/ Iя (4.1)

где Iв – ток обмотки последовательного возбуждения, Iя – ток якоря.

Задаемся произвольно шестью значениями токов якоря из электромеханических характеристик ТЭД от IТЭД.мин = 600 А до IТЭД.макс.= 1200 А.

Значения токов заносим в сводную таблицу 3 расчёта тяговой характеристики тепловоза. Сюда же в колонку для полного поля α = 1,0 вводим с таблицы 2 значения подводимого напряжения UТЭД, а с соответствующих графиков [1] зависимость КПД генератора ηсг от тока Id на выходе выпрямительной установки.

Ток на выходе ВУ равен:

Id = IТЭД\*m (4.2)

где m = 6 число параллельно соединенных ТЭД.

**4.1 Расчёт и построение внешней характеристики тягового генератора**

Внешняя характеристика тягового генератора представляет собой зависимость выходного напряжения тягового генератора от тока нагрузки, т.е. Uг = f (Iг).

При наличии выпрямительной установки внешняя характеристика генератора строится на её выходе, т.е.

Ud = f (Id)

Для обеспечения постоянной загрузки вала дизеля внешняя характеристика генератора имеет вид гиперболы, т.е.

Pd = Ud \*Id=const. (4.3)

Напряжение на выходе ВУ Ud при произвольныхзначениях токов на выходе ВУ Id (определяемых формулой (4.2)) определяеся по формуле:

UТЭД = Ud = (Pd\*ηсг.р\*ηву.р\*1000 ) / Id, В (4.4)

Здесь: КПД ВУ принимаем равные по значению в длительном режиме (ввиду его незначительного отклонения от тока нагрузки Id).

Результаты всех вычислений заносим в сводную табл. 3.

Определим основные параметры внешней характеристики генератора.

Номинальное напряжение на выходе ВУ (ориентировочно равное работе тепловоза в длительном режиме) можно определить:

Ud.н.= Ud.макс / Cr, В (4.5)

Ud.н.= 750 / 1,6 = 468,8 В

где Ud.макс. – максимальное напряжение на выходе ВУ. Оно должно быть не ниже напряжения UТЭД при минимальном токе IТЭД.

Номинальный ток на выходе равен:

Id.н.= Pd.p.\*1000 / Ud.н.,А (4.6)

Id.н.= 2462\*1000 / 468,8 = 5252 А

Минимальное значение тока на выходе ВУ:

Id.мин.= 1000\* Pd\*ηсг.р\*ηву.р / Ud.макс.,А (4.7)

где ηсг.р = 0,956 – значение КПД синхронного генератора при минимальном токе Id.o. = 3600А(Id.o. = 600\*6 = 3600 А).

Id.мин.= 1000\*2588\*0,956\*0,991 / 750 = 3270 А

Максимальное значение тока ВУ:

Id.макс.= Id.мин.\*Cr1 (4.8)

Id.макс.= 3270\*2.45 = 8012 А

Значение Id.макс. должно быть больше IТЭД\*m

Id.макс.> 1200\*6 = 7200 А.

Если Id.макс.< IТЭД\*m, то следует увеличить коэффициент регулирования генератора по току Cr1 и наоборот.

Минимальное напряжение на выходе ВУ:

Ud.мин = 1000\*Pd \* ηсг.макс\*ηву.р / Ud.макс, В (4.9)

Ud.мин = 1000\*2588\*0,935\*0,991 / 7200 = 333 В

где ηсг.макс – КПД генератора при максимальном токе.

По данным расчётным точкам, а также используя расчёты на ПЭВМ строим внешнюю характеристику тягового генератора Ud = f (Id).

**4.2 Расчёт тяговой характеристики тепловоза и его КПД**

Расчёт тяговой характеристики тепловоза Fk = f(Vk) производится по упрощенным формулам[1,2,3,], используемых в заводских расчётах.

Используемые электромеханические характеристики ТЭД снимаются при определенных значениях токов I и напряжений на ТЭД U’ТЭД. В проектных тепловозах мощность локомотива, а, следовательно, и мощность и напряжение ТЭД обычно отличаются от тех, при которых сняты электромеханические характеристики.

Поэтому, при расчёте скорости движения тепловоза Vk учитывается её изменение от изменения напряжения на ТЭД пропорционально изменению противо-ЭДС, т.е.

, (4.10)

где V – скорость движения тепловоза при напряжении на ТЭД U= UТЭД;

V’ – то же при напряжении U’= U’ТЭД, взятом из известных электромеханических характеристик ТЭД.

При расчёте момента ТЭД МТЭД (а, следовательно, и силы тяги FК.ТЭД) его изменение от подводимого напряжения не учитывается, т.к. расчёт МТЭД производится при одних и тех же токах, а

МЭМ.ТЭД= CМ\*Ф\*I, (4.11)

т.е. при одних и тех же токах электромагнитный момент МЭМ двигателя не меняется. А изменение момента на валу ТЭД от изменения магнитных и механических потерь в нем, не учитываем ввиду их малости.

Остальные расчетные параметры приведены ниже и сведены в табл. 3.

Расчет проводится по электромеханическим характеристикам ТЭД при полном поле α = 1,0 и двух ослабленных магнитных полях α1=0,66 и α2= 0,44.

Суммарное сопротивление якорной цепи равно [1]:

Rc= Rя + α\*RГ.П. + RД, Ом (4.12)

где Rя, RГ.П., RД – активные сопротивления якорной цепи ТЭД, их величины взяты из [1.3] и приведены в исходных данных.

Rc= 0,012 + α\*0,0092 + 0,0078

При α = 1,0; Rc= 0,029 Ом;

α1= 0,66; Rc= 0,026 Ом;

α2= 0,44; Rc= 0,024 Ом.

4.2.2 Суммарное сопротивление якорной цепи при прогретом до tГ =115° С ТЭД равно:

RСГ = Rс[1+ KГ\*(tГ – tН)], (4.13)

где KГ = 0,004 Ом /° С - температурный коэффициент сопротивления меди;

tН = 20 ° С - температура, при которой определялись сопротивления обмоток.

При α = 1,0; Rc.г = 0,040 Ом;

α1= 0,66; Rc.г. = 0,036 Ом;

α2= 0,44; Rc.г. = 0,033 Ом.

Противо-ЭДС проектного тепловоза:

EТЭД = UТЭД – (IТЭД\* RС.Г + ΔUщ), (4.14)

где ΔUщ = 2 В – падение напряжения на коллекторно-щеточном переходе ТЭД;

UТЭД – шесть значений напряжений ТЭД, определяемых формулой (4.4).

Заносим в расчётную табл.3 шесть значений напряжений

U’тэд – из имеющихся электромеханических характеристик ТЭД (табл. 2) при принятых токах ТЭД IТЭД (6 значений).

Противо-ЭДС ТЭД E’ТЭД, при которой сняты электромханические характеристики, вычисляется по формуле, аналогичной (4.14):

E’ТЭД = U’ТЭД – (IТЭД\* RС.Г + ΔUщ), (4.15)

Из имеющихся электромеханических характеристик,заносим в сводную таблицу значения чисел оборотов ТЭД n’ТЭД и момента МТЭД при принятых значениях токов ТЭД IТЭД.

Частота вращения якоря ТЭД проектного (заданного) локомотива определяется:

nТЭД = n’ТЭД\* ( EТЭД / E’ТЭД), (4.16)

Скорость движения локомотива равна [1]:

Vk = 0.1885\*nТЭД\*Dk / µз, км/ч (4.17)

где Dk = 1.25 м – диаметр колеса по кругу катания;

Сила тяги проектного локомотива определяется выражением:

Fk = 2\*МТЭД\*m\*µз\*ηз / Dk, Н (4.18)

Все параметры данной формулы приведены в исходных данных (табл. 1).

Касательная мощность Pk проектного локомотива:

Pk = Fk\*Vk / 3.6, кВт. (4.19)

КПД тепловоза определяется формулой, аналогичной (3.13):

ηТ = , о.е. (4.20)

В табл. 4 приведены основные параметры тепловоза в длительном режиме.

Таблица 4

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Параметры | Fk, кН | Vk, км/ч | Pk, кВт | P1ТЭД, кВт | PТЭД,кВт | Pk,кВт | nдл, об/мин |
| Величины | 299,9 | 26,4 | 2200 | 410,3 | 375,4 | 2462 | 484 |
| Параметры | nмакс,об/мин | ηп,о.е. | fp, о.е. | β,о.е. | ϕр,о.е. | ηт,о.е. | Pн,кВт |
| Величины | 1833 | 0,849 | 0,748 | 0,88 | 0,208 | 0,307 | 14,97 |

**4.3 Расчёт касательной силы тяги тепловоза, ограниченной сцеплением колёс с рельсами**

Касательная сила тяги определяется по формуле [1]:

Fк.сц = 9.81\* Mсц\*ψк., (4.21)

где ψк - коэффициент сцепления для двойного тепловоза, по правилам ПТР определяется [3.2]:

ψк = 0,25+ , (4.22)

где V – произвольно заданная скорость движения тепловоза от 0 до 25 км/ч.

Расчёт кривой ограничения силы тяги сведен в табл.5.

Таблица 5

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| V | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 |
| ψк | 0,30 | 0,272 | 0,251 | 0,236 | 0,223 | 0,213 |
| Fк.сц | 432,6 | 392,2 | 361,9 | 340 | 321,6 | 307,2 |

**4.4 Построение тягово-энергетических характеристик тепловоза 2ТЭ121**

На основании сводной таблицы (табл.3), полученной на основании расчётов на ПЭВМ в Math Cad строится тяговая характеристика тепловоза (рис.3).

Тяговая характеристика тепловоза включает:

1. линии значений силы тяги Fk при полном и ослабленных магнитных полях ТЭД;
2. кривую ограничения силы тяги по сцеплению Fк.сц;
3. прямую, ограничивающую силу тяши по конструкционной скорости

Vk = 100 км/ч;

На кривой силы тяги Fk при полном поле нанесена точка длительного режима работы тепловоза Fкр= 299,9 кН и Vкр = 26,4 км/ч.

На листе также нанесены:

1. кривые касательной мощности Pk и КПД тепловоза ηт при полном и ослабленных полях ТЭД.

Значения точек перехода работы ТЭД с полного поля возбуждения на ослабленное и наоборот определяется соответствующей настройкой реле перехода или дифференциального реле электрооборудования тепловоза.

Ориентировочно можно принять эти значения по табл. 6 в зависимости от конструкционной скорости Vk = 100 км/ч.

Таблица 6

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Переход | Значение скорости | Принятое значение |
| ПП→ОП1 | (0,3..0,45) Vk | 0,4Vk = 40 км/ч |
| ОП1→ ОП2 | (0,5..0,6)Vk | 0,6Vk = 60 км/ч |
| ОП2→ОП1 | (0,4..0,5)Vk | 0,5Vk = 50 км/ч |
| ОП1→ПП | (0,25..0,3)Vk | 0,35Vk = 35 км/ч |

1 – переход с ПП на ОП1; 2 – переход с ОП1 на ОП2;

3 – переход с ОП2 на ОП1; 4 – переход с ОП1 на ПП.

**Заключение**

1. Рассчитанная электрическая передача мощности переменно-постоянного тока обеспечивает в длительном режиме работы силу тяги тепловоза

Fк.дл = 299,9 кН при скорости движения Vк.дл = 26,4 км/ч. КПД тепловоза при этом составляет ηтр = 0,307. Коэффициент тяги тепловоза ϕкр = 0,208. КПД передачи мощности ηп = 0,849.

2. Максимальное значение КПД тепловоза при номинальном расходе топлива ge = 2090 г/(кВТ\*ч) в диапазоне работы от Vк.дл до Vk = Vмакс = 100 км/ч составляет ηт = 0,307.

3. Электропередача обеспечивает заданную конструкционную скорость тепловоза Vk = 100 км/ч при принятой второй ступени ослабления магнитного поля α2 = 0,44.

4. Сила тяги при трогании тепловоза с места составляет Fк.тр. = 432,6 кН.

Рассчитанная передача мощности для тепловоза 2ТЭ121 полностью удовлетворяет исходным данным.

**Список использованной литературы**

1. Методические указания к курсовому и дипломному проектированию ″Расчёт на ПЭВМ электромеханических характеристик тягових электродвигателей и тягово-экономических характеристик тепловозов″ / Сост. В.М.Новиков, А.И.Костюкевич.Ч.1;2. – Луганськ: ЛМСИ, 1992.- 100с.
2. Основы локомотивной тяги / С.Н.Осипов, К.А.Миронов, В.И.Ревич. - М: Транспорт, 1979. – 440с.