**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Московский государственный университет путей сообщения» (МИИТ)**

**На правах рукописи**

**Q/,2.01 1 6 6 7 3 0 "**

**БОРОВКОВ ЮРИИ НИКОЛАЕВИЧ**

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЙ  
ЭФФЕКТИВНОСТИ И ЭМИССИИ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО  
КОМПЛЕКСА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА**

1. **- Энергетические системы и комплексы**

**Диссертация на соискание ученой степени  
кандидата технических наук**

**Научный руководитель: д.т.н., проф. Попов В.Г.**

**Москва —2011**

**4**

**12**

**12**

**26**

**32**

**44**

**47**

**47**

**53**

**60**

**60**

**60**

**70**

**83**

**90**

**97**

**Содержание**

**Введение ‘**

1. **Теоретические подходы к оценке энерго-экологической эффективности энергетических систем и комплексов**
   1. **Существующие подходы к оценке энергетической и экологической эффективности энергетических систем и комплексов**
   2. **Основные сферы современного применения эксергетического метода**
   3. **Потоки эксергии в технических системах. Структура эксергетических потерь и их практические аспекты**
   4. **Целесообразность использования эксергетического**

**метода для оценки энерго-экологической эффективности, энергетического комплекса железнодорожного**

**транспорта**

1. **Энергетический комплекс железнодорожного транспорта как открытая термодинамическая система**
   1. **Структура энергетического комплекса**

**железнодорожного транспорта**

* 1. **Потоки эксергии в энергетическом комплексе железнодорожного транспорта**

1. **Оценка термодинамической эффективности**

**энергетического комплекса железнодорожного**

**транспорта**

* 1. **Термодинамическая эффективность перевозочного процесса на железнодорожном транспорте**
     1. **Перевозочный процесс с точки зрения термодинамики**
     2. **Термодинамическая эффективность автономной (тепловозной)тяги**
     3. **Термодинамическая эффективность электрической тяги**
     4. **Оценка термодинамической эффективности**

**перевозочного процесса и основные направления ее повышения**

**3.2 Термодинамическая эффективность нетяговых потребителей железнодорожного транспорта**

1. **Результаты оценки термодинамической эффективности 98**

**энергетического комплекса железнодорожного транспорта и основные направления ее повышения**

1. **Использование эксергетического метода в оценке. 108**

**выбросов парниковых газов и других видов негативного воздействия на окружающую среду**

* 1. [**Эксергетические показатели негативного воздействия на 108**](#bookmark44)

**. окружающую среду**

* 1. **Оценка эмиссии парниковых газов на железнодорожном 120**

**транспорте**

* + 1. [**Структура источников эмиссии парниковых газов на 122**](#bookmark49)

**железнодорожном транспорте**

* + 1. [**Методика расчета прямой эмиссии парниковых газов 130**](#bookmark50)
    2. **Методика расчета косвенной энергетической эмиссии 136**

**парниковых газов железнодорожного транспорта**

* + 1. **Эмиссия парниковых газов энергетического комплекса 143**

**железнодорожного транспорта**

* 1. **Эксергия выбросов железнодорожного транспорта 147**
     1. [**Эксергия выбросов в автономной (тепловозной) тяге 147**](#bookmark54)
     2. **Эксергия косвенных выбросов в электрической тяге 155**
     3. **Эксергия удельных выбросов на единицу перевозочной 159 работы в автономной и электрической тяге**

**о 164**

**Выводы**

**Приложение А Коэффициенты выбросов’ парниковых газов при стационарном сжигании топлива Приложение Б Примеры плотности распределения вероятности значений коэффициентов выбросов *С02* при сжигании основных видов топлива**

166

169

**Библиография**

**выводы**

* Обоснована целесообразность применения эксергетического метода термодинамического анализа для исследования и оценки эффективности использования энергии в энергетическом комплексе железнодорожного транспорта с учетом экологических аспектов его функционирования.
* Предложена универсальная методика оценки эффективности использования энергии в энергетическом комплексе железнодорожного транспорта для качественно различных видов энергии и энергоносителей с учетом экологических аспектов функционирования. Методика может использоваться как для отдельно взятого структурного подразделения железнодорожного транспорта, так и для всего железнодорожного транспорта в целом.
* Проведена обработка и анализ статистических данных по потреблению топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) на железнодорожном транспорте.
* Определены основные интегральные показатели, характеризующие энергетический комплекс железнодорожного транспорта как открытую термодинамическую систему на основе данных о потреблении ТЭР.
* Составлены диаграммы потоков эксергии на основе данных о структуре потребления ТЭР в энергетическом комплексе железнодорожного транспорта.
* Установлено, что эффективность использования ТЭР (эксергетический КПД) в энергетическом комплексе железнодорожного транспорта на 2008 г. составляет 33,4%. Причем основная доля потерь эксергии приходится на тягу поездов и составляет 45% от общих потерь эксергии в энергетическом комплексе железнодорожного транспорта.
* Установлено, что значения эксергетического КПД составляют для: тепловозной тяги ***ijeJT= 32%;*** электрической тяги с учетом полного цикла

энергетических преобразований: ***rfe°^—*** 34,6% — для постоянного тока и ***7]пе%т‘=*** 34,7% - для переменного тока.

* Определен индекс эффективности вида тяги по расходу первичной эксергии. Он составляет 2,2-2,3 — во столько раз значение • удельного потребления первичной эксергии на единицу приведенной перевозочной работы в электрической тяге меньше по сравнению с автономной (тепловозной)тягой.
* Сделан вывод о приоритетности повышения эффективности использования эксергии в перевозочном процессе (в соответствии со структурными коэффициентами) и о том, что наиболее значимыми являются организационно-технические мероприятия по уменьшению потерь эксергии для тягового подвижного состава (в соответствии с коэффициентами преобразования эксергии).
* Сделан обоснованный вывод о целесообразности дальнейшего увеличения доли электротяги в общем объеме выполняемой перевозочной

164

работы с целью повышения энергетической эффективности и снижения негативного воздействия на окружающую среду.

* Выполнен расчет суммарного сброса эксергии в окружающую среду, представляющий собой сумму трех составляющих — термической, химической и концентрационной эксергии соответственно. Этот показатель может использоваться для оценки потенциального негативного воздействия энергетического комплекса железнодорожного транспорта на окружающую среду.

***\2.*** Предложена универсальная методика оценки эмиссии парниковых газов, позволяющая получить на основе данных о потреблении ТЭР значения объемов выбросов парниковых газов (прямых и косвенных) как на уровне отдельно взятого структурного подразделения железнодорожного транспорта, так и для всего железнодорожного транспорта в целом.

1. Произведена оценка эмиссии парниковых газов (прямых и косвенных) энергетическим комплексом железнодорожного транспорта за период с 2003 г. по 2008 г. для всех структурных подразделений железнодорожного транспорта и для железнодорожного транспорта м целом.
2. Установлено, что удельный выброс диоксида, углерода на единицу

перевозочной работы в электрической тяге примерно в 3 раза ниже аналогичного показателя для автономной (тепловозной) тяги, поэтому дальнейшая электрификация тяги будет способствовать сокращению выбросов парниковых газов .

1. Определены следующие удельные показатели -"удельное потребление

эксергии на единицу перевозочной работы, удельный выброс парниковых газов на единицу перевозочной, работы, и показатель, интенсивности прямой эмиссии парниковых газов\* [т СОг-экв./т у.т.]. Динамика изменения этих показателей позволяет определить основные тенденции в изменении эффективности использования энергии и сопряженного с этим негативного воздействия на окружающую среду. '

1. Установлено, что по характеру изменения удельных показателей в период с 2003 г. по 2008 г. происходит постоянное повышение эффективности использования: энергии в, энергетическом комплексе железнодорожного транспорта и снижение связанного с ним негативного воздействия на окружающую среду.

Сделан вывод, что сокращение эмиссии парниковых газов можно обеспечить через повышение энергетической эффективности и изменение структуры топливопотребления: замещение одних видов топлива другими, характеризующимися меньшими значениями коэффициентов эмиссии парниковых газов, а также увеличение доли источников альтернативной «безуглеродной» энергетики.