

**Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Сибирский государственный индустриальный университет»**

**НАУКА И МОЛОДЕЖЬ:
ПРОБЛЕМЫ, ПОИСКИ, РЕШЕНИЯ**

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

ЧАСТЬ V

*Труды Всероссийской научной конференции
студентов, аспирантов и молодых ученых
16 - 18 мая 2017 г.*

выпуск 21

Под общей редакцией профессора М.В. Темлянцева

**Новокузнецк
2017**

ББК 74.580.268
Н 340

Редакционная коллегия:

д-р техн. наук, профессор М.В. Темлянецв,
д-р техн. наук, профессор Г.В. Галевский,
д-р техн. наук, доцент А.Г. Никитин,
д-р техн. наук, профессор С.М. Кулаков,
канд. техн. наук, доцент И.В. Камбалина

Н 340 Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения : труды
Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и
молодых ученых / Сиб. гос. индустр. ун-т; под общ. ред.
М.В. Темлянцева. – Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2017.–
Вып. 21.– Ч. V. Технические науки.– 390 с., ил.–161, таб.–34 .

Представлены труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых по результатам научно-исследовательских работ. Пятая часть сборника посвящена актуальным вопросам в области технических наук: теории механизмов, машиностроения и транспорта, новых информационных технологий и систем автоматизации управления, актуальным проблемам строительства, металлургическим процессам, технологиям, материалам и оборудованию.

Материалы сборника представляют интерес для научных и научно-технических работников, преподавателей, аспирантов и студентов вузов.

напряжений, то есть в дробимом куске создаётся сложное напряжённое состояние. Так как в дробилке разрушается хрупкий материал, то для определения эквивалентного напряжения следует использовать первую гипотезу предельных напряжений [2], следовательно, при сложном напряжённом состоянии в дробимом куске материала возникают напряжения, которые достигают предельного значения при меньшей силе дробления, чем при линейном напряжённом состоянии, возникающем, когда дробление материала производится в двухвалковой дробилке. Таким образом, при одинаковой степени дробления использование одновалковых дробилок более эффективно, чем двухвалковых.

Библиографический список

1. Клушанцев Б.В., Косарев А.И., Муйземнек Ю.А. Дробилки. – М.: Машиностроение, 1990. 320 с.
2. Заславский Б.В. Краткий курс сопротивления материалов. – М.: Машиностроение, 1986. 328 с.

УДК 656.2

АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТВЕРДОПОЛИМЕРНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ДЛЯ КАРЬЕРНЫХ ЭЛЕКТРОВОЗОВ

Шугаев О.В., Дружинина М.Г.

Научный руководитель: д-р техн. наук, профессор Воскресенская Т.П.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, o_shugaev@mai.ru*

В статье рассматривается возможность применения топливных элементов на стандартных электровозах. Представлены возможные виды модификаций локомотива, использующих электрохимические генераторы и дан сравнительный анализ характеристик электровоза на топливных элементах с характеристиками традиционного локомотива. Приведены энергозатраты в стоимостном выражении различных видов подвижного состава.

Ключевые слова: топливный элемент, железнодорожный транспорт, карьерный транспорт, карьер.

Использование карьерного транспорта приводит к накоплению вредных выбросов в забоях. Простои, связанные с загазованностью карьеров ежегодно могут достигать 1000 часов и более [7, 9, 12].

Электровозы имеют высокие экологические показатели, относительно небольшие затраты на тонно-километр перевозок, но обладает рядом недостатков, основным из которых является необходимость перенесения контактной сети, благодаря периодическому истощению мест добычи полезных ископаемых [7, 9].

Решением этих проблем может стать применение твердополимерных топливных элементов (ТЭ) в качестве основного силового агрегата тягового

подвижного состава, которые используют возобновляемые источники энергии.

Учитывая вышеизложенное, требуется сравнить традиционный карьерный электровоз, с аналогичным тяговым подвижным составом на топливных элементах.

Для этого необходимо:

- сравнить эксплуатационные характеристики подвижного состава на топливных элементах с характеристиками традиционных локомотивов;
- сравнить экономические расходы на потребляемые энергоносители.

Для примера рассматривается карьерный электровоз серии ОПЭ1АМ оснащенный дизельной секцией и моторизированным думпкар. Взяты топливные элементы марки НуРМ HD-180, электролит которых состоит из протонопроводящей полимерной мембраны [15] с целью замены силового агрегата тягового подвижного состава.

При переоборудовании электровоза ОПЭ1АМ с незначительными конструктивными изменениями возможен демонтаж дизельного двигателя автономной секции, и использование освободившегося пространства для топливных элементов. Размещение ТЭ возможно в головной секции (ГС) локомотива, вместо тягового трансформатора.

В таблице 1 приведены варианты компоновки локомотива топливными элементами НуРМ HD-180 и рассчитаны их характеристики [4, 8, 11].

Таблица 1 – Характеристики и варианты компоновок топливными элементами НуРМ HD-180 локомотив ОПЭ1АМ

Варианты компоновок секций локомотива	Характеристики					
	Суммарная мощность ТЭ, кВт	Общее количество ТЭД ДТ-9Н	Общая мощность необходимая для работы ТЭД, кВт	Служебный вес состава, тс	Сила тяги при продолжительном режиме, кгс	Расход топлива с учетом мощности локомотива, нм ³ /ч
12 ТЭ (автономная секция) + 5 ТЭ (головная секция)	3366	8	3344	246,25	39422	2166,9
12 ТЭ (АС) + 10 ТЭ (ГС) + (моторизированный думпкар 80% мощности)	4752	12	4681	370,25	51935	3033,3
Использование 2 автономных секций содержащая по 12 ТЭ каждая + 2 ТЭ (ГС)	5148	12	5016	368,5	55064	3250,4
12 ТЭ (АС)×2 + 10 ТЭ (ГС) + (МД 100% мощности)	6732	16	6688	492,5	73418	4333,8

Проанализировав полученные данные можно сделать вывод, что после переоборудования электровоза ОПЭ1АМ топливными элементами НуРМ HD-180, тяговые характеристики практически не изменятся. Если сравнить максимально допустимую массу брутто состава питающегося от контактной сети и использующего моторизированный думпкар, с аналогичной компоновкой на топливных элементах, можно выявить, что мощность моторизированного думпкара (МД) будет использоваться на 80 %. Для того чтобы 3 секции электровоза, использующего ТЭ, работали на 100 %, возможно использование 2 автономных секций.

В целях детального сравнения эксплуатационных характеристик вариантов компоновки ТЭ НуРМ HD -180 электровоза ОПЭ1АМ, на основании данных приведенных в таблице 1 [7, 8], составлена диаграмма отражающую зависимость массы брутто поезда от уклона, величина которого, в условиях карьера, изменяется от минимального 15‰ [7] до максимально допустимого значения 60 ‰ [7] с использованием думпкарв серии 32-4079 [1] (рисунок 1).

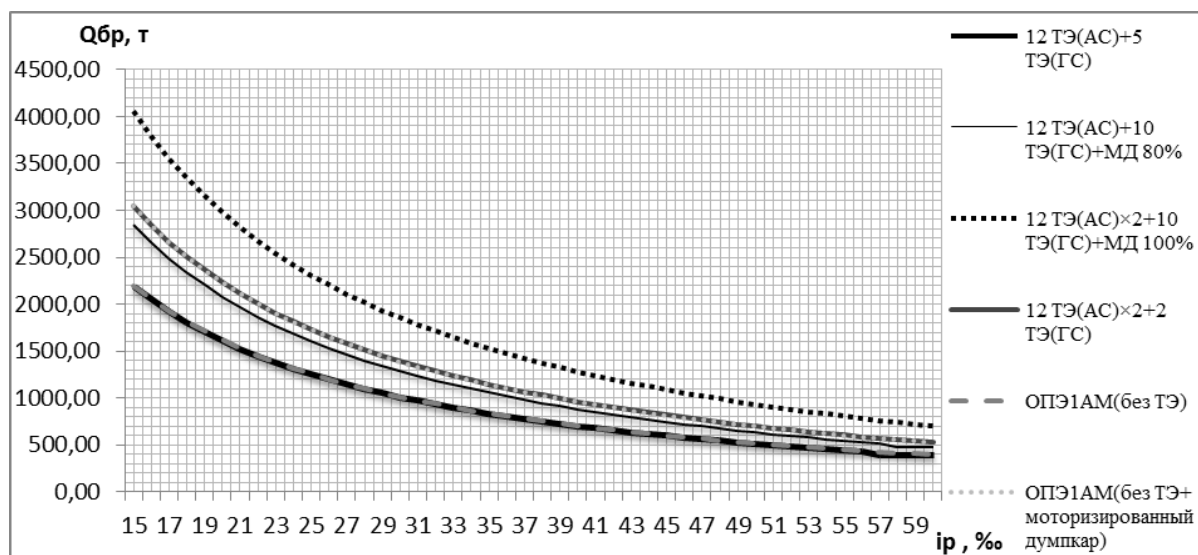


Рисунок 1 – Зависимость массы брутто состава использующего электровоз марки ОПЭ1АМ и виды его компоновки топливными элементами НуРМ HD-180 от уклона

Для определения энергозатрат в стоимостном выражении от переоборудования локомотива марки ОПЭ1АМ топливными элементами НуРМ HD-180, на основании расчетов энергозатрат и их стоимости, на рисунке 2 приведена диаграмма зависимости стоимости эксплуатации электровоза от мощности для различных видов топлива, составленная на основании удельного расхода энергоресурсов [2,3,5,6,11,13,14]. Значение мощности варьируются от минимально допустимой (работа локомотива от автономной секции), до максимальной (головная секция+2 автономных секции+ моторизированный думпкар).

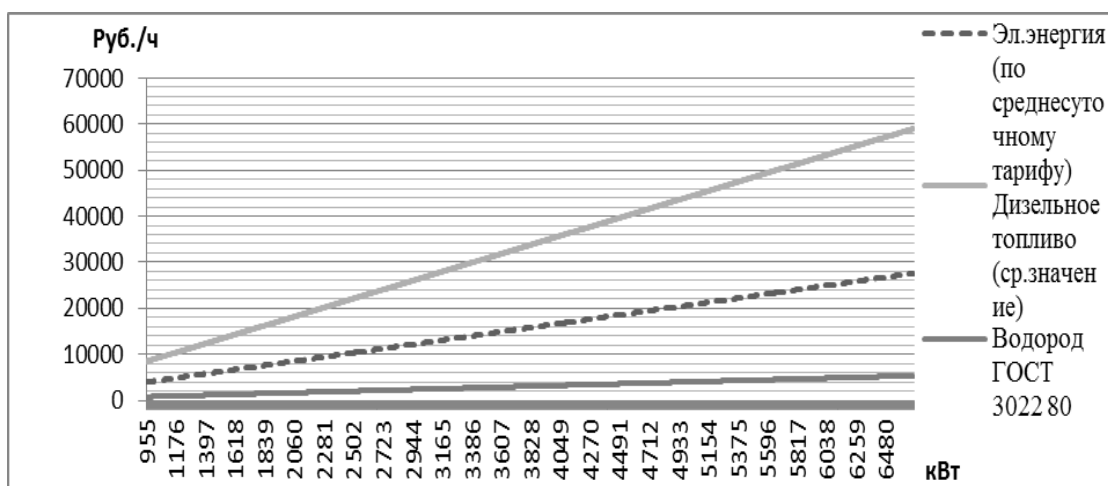


Рисунок 2 – Зависимость стоимости эксплуатации локомотива ОПЭ1АМ от мощности для различных энергоносителей

Анализируя полученные данные, приведенные на рисунке 2 можно сделать вывод, что использование ТЭ марки НуРМ HD-180, позволит сократить затраты на электроэнергию, для локомотива ОПЭ1АМ, примерно в 5 раз, а на дизельное топливо практически в 11 раз. При этом использование топливных элементов практически не изменяет тяговых характеристик, не увеличивая общий вес электровоза и не изменяя конструкции ходовой части.

Рассмотренный вопрос внедрения топливных элементов в конструкцию тягового подвижного состава для открытых мест разработки полезных ископаемых, позволяет сделать следующие выводы:

- локомотив ОПЭ1АМ оборудованный топливными элементами НуРМ HD-180 использует возобновляемые энергоресурсы, при этом не выделяет вредных выбросов, что позволяет снизить количество периодических остановок работы карьера от чрезмерной загазованности и сократить убытки от простоя техники;

- рассматриваемый электровоз на ТЭ не нуждается в использовании контактной сети, что делает его более мобильным без снижения тяговых характеристик;

- возможность изменения количества последовательно и параллельно включенных топливных элементов тягового подвижного состава, позволяет изменять выходное напряжение без потери мощности, что обеспечивает плавную регулировку скоростных качеств локомотива, не снижая его тяговых характеристик;

- использование топливных элементов НуРМ HD -180 в локомотиве ОПЭ1АМ позволяет снизить расходы на электроэнергию в 5 раз, и дизельное топливо в 11 раз.

Библиографический список

1. 4-осный вагон-самосвал, модель 32-4079: [Электронный ресурс]// RailAgent железнодорожная транспортная биржа. URL: <http://railagent.ru/>

manuals/wagon-31846/. (Дата обращения: 05.04.2017).

2. Водород газообразный технический марки А: [Электронный ресурс]// НИИ КМ 2000-2017.URL: http://www.niikm.ru/products/hydrogen/hydrogen_40/. (Дата обращения: 08.04.2017).

3. Водородный баллон 40л: [Электронный ресурс]// Промышленная компания Волга. Технические газы, газовые баллоны, газосварочное оборудование <http://pkvolga.ru/vodorodni-ballon-40l/>. (Дата обращения: 08.04.2017).

4. Залит, Н.Н. Тепловозы промышленного транспорта: Справочник/ Н.Н. Залит. – 3-е изд., перераб. И доп. – Москва: Транспорт, 1980. – 366 с., ил., табл.

5. Каких тарифов на электроэнергию ожидать предприятиям России в 2017 году?: [Электронный ресурс]// ENERGYLOGIA Энергоэффективные решения для дома и бизнеса. URL: <http://energylogia.com/business/jekonomija-jelektroenergii/tarify-na-jelektroenergiju-dlja-predpriyatij-rossii-2017.html/>. (Дата обращения: 08.04.2017).

6. Краснораменский, В.И. Топливные элементы для повышения эффективности ТЭС и НПЗ / В.И. Краснораменский // Энергосовет. – 2013. - № 5(30). – С. 43-47.

7. Кузьменко, С.В. Железнодорожные транспортные средства: практикум / С.В. Кузьменко, С.П. Чередниченко, О.Л. Игнатьев. – Луганск: Ноулидж, 2012. – 120 с., ил., табл.

8. Потапов, М.Г. Карьерный транспорт: [Учеб. для горн. спец. техникумов] / М.Г. Потапов. – Москва: Недра, 1985. – 239 с., ил., табл.

9. Раков, В.А. Локомотивы и моторвагонный подвижной состав железных дорог Советского Союза (1966-1975 гг.) / В.А. Раков. – Москва: Транспорт, 1979. – 213 с., ил., табл.

10. Силовой трансформатор ОДЦЭ, ОНДЦЭ 10 КВ – ЧТЗ: [Электронный ресурс]// РосЭнергоХолдинг Инновации. Технологии. Успех. Пермь. URL: <http://www.rosenergoholding.ru/catalog/transformatorysilovie.html?product=1107/>. (Дата обращения: 05.04.2017).

11. Сырбаков, А.П. Топливо и смазочные материалы: учебное пособие/ А.П.Сырбаков, М.А. Корчуганова. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2015. – 159 с.

12. Тарасов, П.И. Сокращение загазованности карьерного пространства при применении новых видов карьерного транспорта/ П.И. Тарасов, А.Г. Журавлев, Е.В. Фефелов, В.О. Фурин, А.Г. Ворошилов, А.П. Тарасов, С.Л. Бабаскин// Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2008. - № 2. – С. 260-271.

13. Цены на бензин, ДТ, газ в Кемеровской области: [Электронный ресурс]// Цены на бензин и карта АЗС России. URL: https://www.benzin-price.ru/price.php?region_id=42.

14. International Hydrail Conference HyPM™ Fuel Cell Power Modules & Systems: [Электронный ресурс]// Hydrogenics shift power | energize your world. URL: https://hydrail.appstate.edu/sites/hydrail.appstate.edu/files/9_Kammerer.pdf/. (Дата обращения: 04.04.2017).

15. HyPM HD180: [Электронный ресурс] // Hydrogenics. URL:<http://pdf.directindustry.com/pdf/hydrogen-systems/hypm-hd180/14703-316895.html/>. (Дата обращения: 04.04.2017).

УДК 621.515

ОПТИМИЗАЦИЯ ФОРМЫ ЛОПАТОЧНОГО АППАРАТА РАБОЧИХ КОЛЕС ЦЕНТРОБЕЖНОГО ГАЗОВОГО КОМПРЕССОРА

Бубнов А.Д., Винтер М.Ю., Блинов В.Л., Комаров О.В.

Научный руководитель: канд. техн. наук Комаров О.В.

*Уральский федеральный университет,
г. Екатеринбург, e-mail: Alexandrbubnov21@rambler.ru*

В настоящей работе представлен подход к определению эффективной формы лопаточного аппарата рабочих колес центробежного компрессора с учетом пространственного течения в процессе оптимизации. Проведен сравнительный анализ двух вариантов проточной части центробежного компрессора.

Ключевые слова: центробежный компрессор, лопаточный аппарат, рабочее колесо, оптимизация, пространственный поток.

На сегодняшний день существует множество классических методик проектирования центробежных газовых компрессоров (ЦБК). Большинство этих методик основываются на одномерной теории течения в проточной части ЦБК и позволяют проектировать рабочие колеса (РК) только цилиндрической формы. В действительности поток газа в проточной части компрессора трехмерен. Главной причиной этому является неравномерность потока по высоте лопаток – повороты потока в меридиональной плоскости. Кроме того, влияют также и вязкие эффекты – трехмерные пограничные слои, зоны отрыва [1]. Поэтому для повышения эффективности проточной части ЦБК имеет смысл применение пространственных рабочих колес.

Настоящая работа посвящена оптимизации формы лопаточного аппарата РК двухступенчатого ЦБК. Исходной геометрией послужила проточная часть компрессора, полученная в собственном программном коде проектирования [2]. Численная модель ЦБК построена с рядом допущений (осевой вход, не учитывались утечки, шероховатость поверхности, влияние входной и выходной улиток), что предопределило несколько завышенный КПД. В ходе оптимизации форма лопаток РК первой и второй ступени менялась единообразно. Анализ проводился в расчетной точке, соответствующей номинальному режиму работы компрессора. Критерием оптимизации выбрана максимизация КПД компрессора, как по статическим, так и по полным параметрам. При постановке задачи были наложены соответствующие ограничения по выходным параметрам (расход, мощность, степень сжатия, максимальное число Маха).

На рисунке 1 представлены исходный и оптимизированный варианты