



Информация об авторах

Authors

Веревкина Ольга Ивановна – к. т. н., доцент кафедры «Управление эксплуатационной работой», Ростовский государственный университет путей сообщения, г. Ростов-на-Дону, e-mail: ov18111966@mail.ru

Olga Ivanovna Verevkinina – Ph.D. in Engineering Science, Associate Professor of the Subdepartment of Management of Operational Work, Rostov State Transport University, Rostov-on-Don, the Russian Federation, e-mail: ov18111966@mail.ru

Для цитирования

For citation

Веревкина О. И. Применение гибридного метода оценки функциональных рисков нарушения безопасности движения в хозяйстве пути на железнодорожном транспорте / О. И. Веревкина // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2019. – Т. 61, № 1. – С. 55–64. – DOI: 10.26731/1813-9108.2019.1(61).55–64

Verevkinina O. I. Primeneniye gibridnogo metoda otsenki funktsional'nykh riskov narusheniya bezopasnosti dvizheniya v khozyaistve puti na zheleznodorozhnom transporte [The results of applying the hybrid method to assess functional risks of traffic safety infringement on the regional and linear levels in the railway transport]. *Sovremennyye tekhnologii. Sistemnyy analiz. Modelirovaniye* [Modern Technologies. System Analysis. Modeling], 2019, Vol. 61, No. 1, pp. 55–64. DOI: 10.26731/1813-9108.2019.1(61).55–64

УДК 620.9: 656.2

DOI: 10.26731/1813-9108.2019.1(61).64–73

Н. А. Махутов¹, В. В. Москвичев^{2,3}, В. А. Кулагин³

¹Институт машиноведения им. А.А. Благонравова РАН

²Институт вычислительных технологий СО РАН, Красноярский филиал

³Сибирский федеральный университет

Дата поступления: 25 сентября 2018 г.

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА И ВОЗМОЖНОСТИ РАЗВИТИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА СИБИРИ

Аннотация. В статье рассмотрены взаимозависимые проблемы развития топливно-энергетического комплекса и железнодорожного транспорта Сибири. Дается общая характеристика угледобычи (объемы, схемы транспортировки) и топливно-энергетического комплекса (энергетический потенциал, объемы генерации энергии), технологические, финансовые и техногенные риски, объемы и направления грузооборота угля. Особое внимание уделяется проблемам эксплуатации объектов тепловой энергетики и технологиям переработки углей. Отмечены перспективы расширенного применения водоугольного топлива, его экологические, технологические и экономические преимущества. Энергетическая система генерации и транспортировки, существующая инфраструктура обеспечивают стабильность энергоснабжения железнодорожных перевозок, при этом рассматриваются возможности повышения их надежности путем реализации новых проектов развития. Сформулированы перспективные задачи исследований рассмотренной проблемы и взаимосвязанного анализа документов стратегического планирования.

Ключевые слова: железнодорожный транспорт, энергетика, топливно-энергетический комплекс, угледобыча, технологии переработки, грузооборот, водоугольное топливо.

N. A. Makhutov¹, V. V. Moskvichev^{2,3}, V. A. Kulagin³

¹ Mechanical Engineering Research Institute of the RAS

² Institute of Computational Technologies of the Siberian Branch of the RAS, Krasnoyarsk Office

³ Siberian Federal University

Received: September 25, 2018

MODERN TECHNOLOGIES OF THE FUEL AND ENERGY COMPLEX AND THE POSSIBILITY OF THE SIBERIA RAILWAY TRANSPORT DEVELOPMENT

Abstract. The article considers interdependent problems of the development of the fuel and energy complex and Siberia railway transport. It gives the general characteristics of coal production (volumes, transportation schemes) and of fuel and energy complex (en-



ergy potential, energy generation volumes), technological, financial and technological risks, volumes and directions of coal freight turnover. Particular attention is paid to the problems of operating thermal energy facilities and coal processing technologies. The authors point out that there are prospects for the expanded use of environmentally friendly water-coal fuel, its environmental, technological and economic advantages. The energy system of generation and transportation, the existing infrastructure ensures the stability of the energy supply of rail transportation. The possibility of improving their reliability by implementing new development projects is considered as well. The article formulates long-term research objectives of the considered problem and interrelated analysis of strategic planning documents.

Keywords: railway transport, power engineering, fuel and energy complex, coal mining, processing technologies, freight turnover, water-coal fuel.

Введение

Современные тенденции развития технологичной топливно-энергетического комплекса могут оказать существенное влияние на перспективы развития железнодорожного транспорта, обеспечивающего основные объемы перевозок энергоносителей, в первую очередь угля, особенно в регионах их добычи (Восточная Сибирь, Якутия, Кузбасс, Бурятия). В этой связи требуется анализ ряда приоритетных задач в рамках обозначенной проблемы:

1. Стратегические направления развития энергетики в Сибирском регионе.

2. Эффективные технологии переработки угля на предприятиях топливно-энергетического комплекса (ТЭК) в регионах добычи.

3. Тренды развития ТЭК и их влияние на деятельность системы Российских железных дорог (объемы, маршруты железнодорожных перевозок, схемы транспортировки энергоносителей на дальние расстояния).

Общая характеристика угледобычи и ТЭК Сибири. Схема взаимодействия «ТЭК – РЖД»

Природно-ресурсный потенциал Сибири определяет энергетическую и сырьевую базу России и Азиатско-Тихоокеанского региона. Более 90 % запасов угля находится в Сибири (Кузбасс, Красноярский край, Алтайский край, Иркутская область, Хакасия, Бурятия). Добыча угля в Сибири составляет более 80 % от общего объема, добыва-

емого в России (рис. 1).

Задача ТЭК Сибири – формирование современной экологически чистой и безопасной энергетики в условиях рынка топлива и энергии с учетом требований субъектов РФ и экспорта топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) в западном и восточном направлениях. Общая выработка электроэнергии в Сибирском федеральном округе (СФО) на 2016 г. составила 206 856,6 млн квтч (тепловая 107 011,5 млн квтч, гидрогенерации – 99 845,1 млн квтч).

В энергетический комплекс региона входит более 100 предприятий разной формы собственности генерирующих мощностей, транспортных компаний, энергобытовых, монтажно-ремонтных, пуско-наладочных и энергосервисных, отраслевых НИИ. К числу наиболее значимых относятся: ОАО «Сибирская генерирующая компания», Сибирская угольная энергетическая компания, ОАО «Енисейская ТГК (ТГК-13)», ОАО «Газпромэнергохолдинг», ОАО «ОГК-6», Международный энергетический концерн «E.on» (Германия), ОАО «ОГК-4», ОАО «Русал», ОАО «Русгидро», ОАО «ФСК ЕЭС» – филиал Магистральные электрические сети Сибири, ОАО Межрегиональная распределительная сетевая компания Сибири и др.

Технологическое и транспортное взаимодействие предприятий ТЭК и РЖД реализуется по классической схеме «поставщик – транспортная услуга – потребитель».

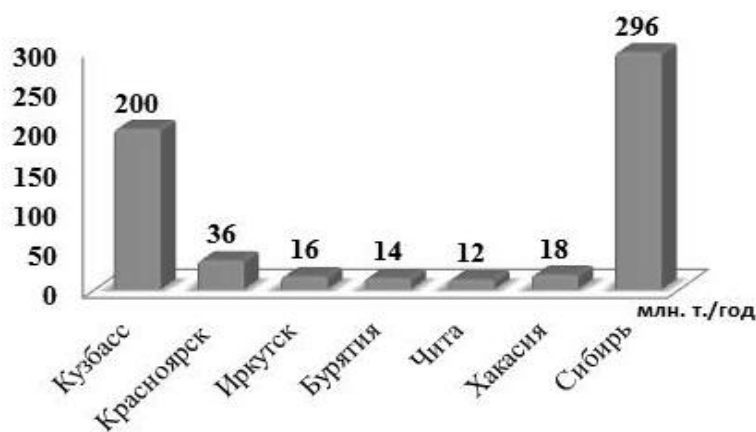


Рис. 1. Объемы добычи угля в России



В рамках системы «ТЭК – РЖД» возможны определенные риски функционирования.

1. Технологические риски:

- технологические отказы добычных комплексов топливно-энергетических ресурсов (ТЭР);
- нарушение режимов транспортировки угля (недопоставка вагонов, аварии, чрезвычайные ситуации и т. д.);
- отказы технологического оборудования на энергетических объектах (котлы, паропроводы, трансформаторное оборудование, линии электропередачи и т. д.).

2. Финансовые риски:

- несбалансированность тарифной политики в цепи «уголь – транспорт – электроэнергия и тепло»;

- объективные требования рыночной среды.

3. Риски внешних воздействий:

- техногенные и природные катастрофы;
- террористические проявления.

При анализе обозначенных вопросов необходимо учитывать следующие проблемные особенности:

1. Наличие технологической взаимозависимости элементов системы «ТЭК – РЖД» (объемы добычи, транспортная обеспеченность, обязательность поставок и т. д.).

2. Недостаточный уровень кооперативных связей.

3. Многофакторность проблемы и недостаточная изученность причинно-следственных связей.

4. Закрытость корпоративной информации для анализа.

Актуальность и необходимость исследований по обозначенным проблемам становятся все более очевидными в связи с перспективами увели-

чения объемов добычи и транспортировки энергоносителей.

Основные территории угледобычи в СФО и грузооборот угля железнодорожным транспортом

Наибольшие годовые объемы угледобычи достигнуты на угольных разрезах в Кузбассе, Красноярском крае, Хакасии, Иркутской области (табл. 1) [1].

Таблица 1

Добыча угля в регионах
Сибирского федерального округа

Субъект Российской Федерации	Угольный разрез	Годовой объем добычи угля, млн т
Кемеровская область, Кузбасс	Кедровский	5
	Черниговский	12
	Бачатский	10
	Талдинский	8
Красноярский край	Красногорский	6
	Бородинский	20
	Переясловский	6
Республика Хакасия	Ирбейский	2,5
	Черногорский	6,5
	Степной	4
Иркутская область	Восточно-Бейский	3
	Черемховский-1	2,5
	Черемховский-2	2
	Черемховский-3	1,5

Динамика грузооборота железнодорожного транспорта в России и доли в нем перевозок каменного угля в 2005–2015 гг. представлена на рис. 2 и 3. Доля каменного угля в общем объеме перевозок достигает 27 % с ростом потребления на внешнем рынке до 165 млн т и общего объема поставки до 331,5 млн т в 2016 г.

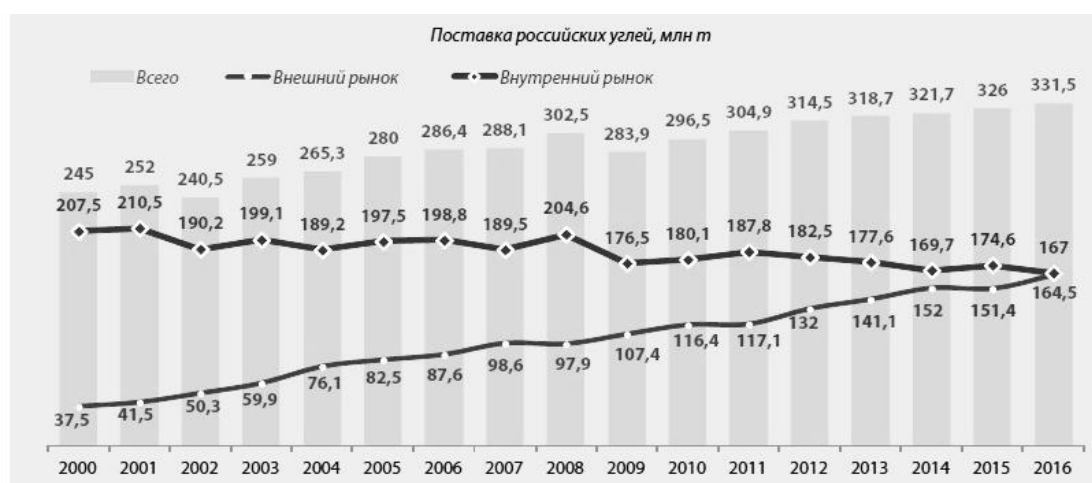


Рис. 2. Изменение объемов перевозки угля железнодорожным транспортом в России с поставками на внутренний и внешний рынок за 2000–2016 гг., млн т

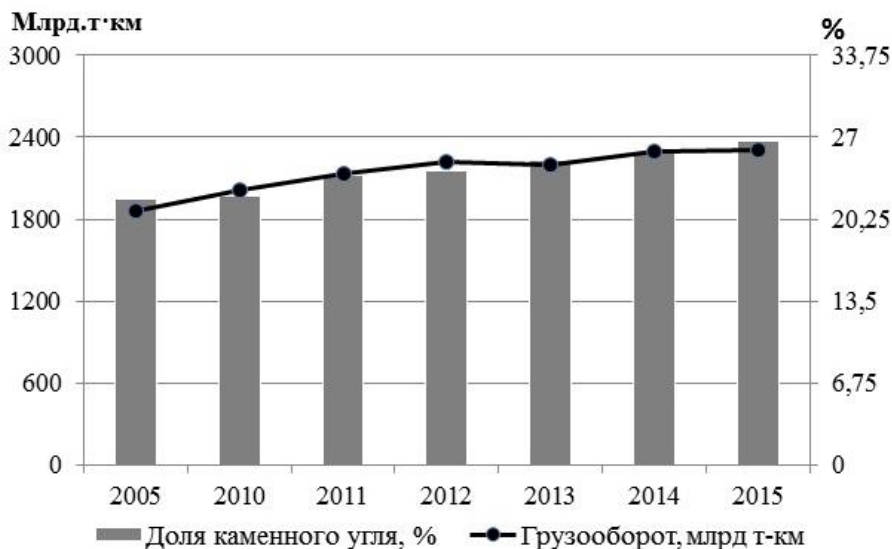


Рис. 3. Грузооборот каменного угля в общем объеме перевозок за 2005, 2010–2015 гг.

Результаты анализа угольных грузопотоков (объемы, направления транспортировки) на выходе из СФО характеризуются следующими объемами: на запад – 110 млн т в год с резервом до 140 млн т; на восток – через БАМ – 20 млн т в год, по Транссибу 112 млн т с общим резервом на восток – до 130 млн т.

Железнодорожные угольные перевозки из Кузбасса на запад достигают 100 млн т с поставками на металлургические заводы (Череповец, Белгород, Магнитогорск и др.) и морские порты (Туапсе, Новороссийск, Усть-Луга, Мурманск) и восток по Транссибу 80 млн т и 20 млн т через Хакасию в основном до морских портов Ванино и Находка.

Тарифная политика перевозок угля в экономике железнодорожного транспорта характеризуется следующими факторами и обстоятельствами:

1. Уголь является важнейшим видом груза для железнодорожного транспорта России (27 % грузооборота в 2016 г.).

2. Последние решения в области тарифной политики на перевозку грузов железнодорожным транспортом стимулируют дальнейшее увеличение доли угля в объеме перевозок на фоне сокращения оборота нефтяных грузов.

3. Действующая тарифная политика приводит к убыточности перевозок угля на дальние расстояния.

4. Существует консенсус экспертных мнений о том, что существенное увеличение тарифов для данного вида грузов приведет к резкому ухудшению положения угольных компаний.

5. В то же время удельная убыточность перевозок угля в целом на фоне существенного роста

самого грузооборота несет существенные риски невозможности достижения плановой рентабельности, поскольку убытки будут компенсироваться за счет прибыльных видов деятельности.

Общая структура и проблемы эксплуатации объектов тепловой энергетики Сибири – задачи развития

Основные объекты тепловой энергетики, являющиеся главными потребителями угля, приведены в табл. 2. Наибольшие объемы генерации электроэнергии приходятся на Красноярский край, тепловой нагрузки на Иркутскую область и Красноярский край. Далее приводится общая характеристика и показатели энергетики Красноярского края:

– выработка электроэнергии на ТЭС составляет 6 ГВт;

– выработка электроэнергии на ГЭС составляет 7 ГВт;

– выработка тепловой энергии составляет 16 682 тыс. Гкал;

– коэффициент использования установленной мощности составляет 56 %;

– тарифы на электроэнергию составляют 250–300 руб./МВт·ч;

– тарифы на тепловую энергию составляют 650–1000 руб./Гкал·ч;

– удельные характеристики по выработке электроэнергии на ТЭС составляют 280–400 гр/кВтч;

– удельные характеристики по выработке тепловой энергии на ТЭС составляют 145–180 кг/Гкал;

– коэффициент полезного действия энергетических блоков составляет – 36–38 %;



– структура потребления тепловой энергии (удельный вес): промышленные предприятия – 8 %; объекты ЖКХ – 65 %; население – 10 %; прочие потребители – 17 %.

Т а б л и ц а 2

Объекты тепловой энергетики Сибири

Название ГРЭС	Год ввода в эксплуатацию	Электрическая нагрузка, МВт	Тепловая нагрузка, Гкал
Беловская (Кузбасс)	1964	1 200	123
Томь-Усинская (Кузбасс)	1958	1 345	278
Южно-Кузбасская	1951	584	551
Барнакульские ТЭЦ-2–3	1955–1976	769	2 833
Гусиноозерская ГРЭС	1976	1 130	224
Красноярская тепловая генерация (10 объектов)	–	6 549	8 437
Иркутская тепловая генерация (9 объектов)	–	3 415	9 876
Новосибирские ТЭЦ-2–5	1941–1985	2 412	6 890
Омские ТЭЦ-4–5	1965	1 130	3 235
Хороновская (Читинская область)	1995	655	329
Итого	–	20 489	33 646
Объем угля, необходимый для работы станций	72–74 млн т в год		

Основные проблемы эксплуатации и развития энергетического комплекса в различных обла-

стях.

1. Сфера управления:

– неэффективное управление и регулирование отрасли со стороны министерств, ведомств и госкомпаний (Минэнерго, Минэкономразвития, Федеральная антимонопольная служба, Ростехнадзор, Росатом, Федеральная сетевая компания Единой энергетической системы, Межрегиональные распределительные сетевые компании и др.);

– слабая координация развития электропотребления, генерирующих мощностей, электросетевого комплекса.

2. Область регулирования рынка электроэнергии и мощности:

– оптовый рынок электроэнергии и мощности в основном контролируется производителями, без учета мнения потребителей;

– эффективностью работы всей энергосистемы никто не занимается, системный оператор отвечает только за надежность энергоснабжения;

– все участники рынка электроэнергии и мощности, кроме потребителей, заинтересованы в росте цен на свою продукцию;

– отсутствует механизм, ограничивающий рост этих цен;

– долгосрочные договоры, которые обеспечивают перспективный прогноз развития рынка, не востребованы.

3. Проблемы надежности теплоэнергетического оборудования обусловлены повышенным износом производственных фондов в системе «Сибирьэнерго» (табл. 3).

4. Сложившиеся тренды развития:

– правила рынка электроэнергии и мощности не стимулируют первоочередную реконструкцию ТЭС;

– формируются условия для массового строительства дорогостоящих ГЭС;

– стоимость инвестиционных проектов в электроэнергетике завышена на 20–70 %;

– увеличение экологической нагрузки на окружающую среду региона;

– дефицит высококвалифицированных кадров различных уровней.

Т а б л и ц а 3

Износ производственных фондов, %

Структура	Производственный фонд	Машины и оборудование	Передающие устройства
Красноярскэнерго	55,6	63,0	60,0
Кузбассэнерго	55,4	65,9	58,9
Новосибирскэнерго	61,9	71,6	65,2
Алтайэнерго	57,0	67,0	57,0
Березовская ГРЭС-1	30,0	46,0	65,2
Красноярская ГРЭС-2	57,6	82,1	78,2



Основные задачи и тенденции перспективного развития энергетического комплекса.

1. Повышение эффективности производства тепловой и электрической энергии:

- разработка энергоэффективных унифицированных технологий сжигания органического топлива;

- создание комбинированных парогазовых схем выработки тепловой и электрической энергии;

- строительство мини- и микро ТЭС;

- увеличение доли гидроэнергетики на базе малых ГЭС.

2. Повышение эффективности, надежности передачи и распределения тепловой и электрической энергии:

- разработка новых схемных и конструктивных решений ИТП, ЦТП и тепловых схем;

- анализ и оптимизация режимов работы тепловых и электрических сетей;

- исследование надежности и эффективности функционирования элементов тепло- и электроэнергетических систем и комплексов.

3. Развитие интеллектуальных (цифровых) систем диспетчерского управления и контроля:

- разработка автоматических систем управления объектами энергетики;

- развитие систем управления энергоснабжением объектов различного назначения;

- создание активно-адаптивных («умных») электрических сетей, развитие частотного регулирования электроприводами.

4. Повышение энергосбережения и ресурсосбережения:

- разработка кавитационных нанотехнологий в теплоэнергетике и других отраслях промышленности;

- развитие систем топливоподготовки и совершенствование процессов его сжигания;

- внедрение цифровых систем контроля, регулирования и учета тепловой и электрической энергии;

- производство и внедрение новых энерго-сберегающих материалов;

- создание и внедрение энергоэффективных и экологически безопасных осветительных приборов нового поколения на светодиодах и безртутных газоразрядных лампах.

5. Повышение промышленной и экологической безопасности:

- разработка технологических решений по улавливанию и захоронению углекислого газа с использованием современных технологий сжигания топлива;

- внедрение инновационных технологических решений по утилизации золошлаковых и бытовых отходов;

- разработка методики управления промышленными рисками энергообъектов.

6. Развитие системной подготовки и переподготовки производственных кадров:

- создание учебных центров и соответствующей материальной базы по подготовке и переподготовке персонала энергетических систем и комплексов;

- широкое внедрение имитационных компьютерных тренажеров по отработке оперативных задач управления энергетическим оборудованием;

- развитие целевой подготовки инженерных кадров.

Эффективные технологии переработки угля

В настоящее время разрабатываются и исследуются следующие технологические направления переработки и сжигания угля:

1. Создание и реконструкция электростанций со сжиганием угля в тангенциальном факеле.

2. Парогазовые установки (ПГУ) с внутрицикловой газификацией угля.

3. Системы производства нового экологически чистого водоугольного топлива (ВУТ), его доставки (трубопроводным транспортом, морскими и речными танкерами, в автомобильных и железнодорожных цистернах) и сжигания в котлах тепловых электростанций, промышленных и бытовых котельных, а также в других теплогенерирующих установках.

4. Метод селективного некаталитического восстановления.

5. Угольные топki с низкотемпературным вихревым методом сжигания (ВИР-технология).

6. Паровой пылеугольный котел с кольцевой топкой.

7. Сжигание твердого топлива в циркулирующем кипящем слое.

8. Промышленная переработка угля – производство кокса и других твердых углеродсодержащих продуктов, а также производство жидких и газообразных продуктов различного назначения [2].

9. Газификация угля и водоугольных суспензий.

Сравнительные характеристики различных видов топлива, используемых для выработки тепловой энергии (рис. 4) указывают на перспективное и расширенное применение экологически чистого водоугольного топлива [3–6].

По некоторым данным [7] дефицит электроэнергии в Японии, вызванный аварией на атомной

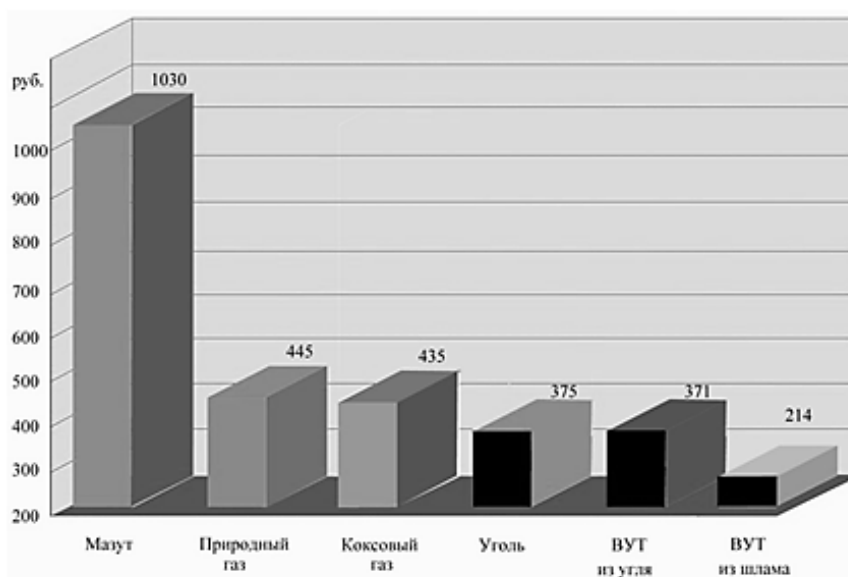


Рис. 4. Стоимость топливной составляющей при производстве 1 Гкал тепловой энергии

станции «Фукусима», и сегодняшняя высокая потребность страны в экотопливе (водоугольной суспензии) стало поводом для рассмотрения проекта «Строительство обогатительной фабрики по изготовлению экотоплива из Сахалинского угля» стоимостью около 3 млрд долл. Перспективность данного проекта может стать одним из решений задачи энергобезопасности Японии (экономической, политической, техногенной). В настоящее время водоугольное топливо поставляется в Японию с обогатительных фабрик Австралии и Китая. Повышение интереса к водоугольному топливу на товарном рынке, сделает акции энергетических компаний инвестиционно-привлекательными.

Общая технологическая схема применения водоугольного топлива представлена на рис. 6. Исходный шлам бурого угля со склада с помощью конвейера и элеватора подается на пластинчатый питатель-дозатор, а затем ленточным конвейером в вибромельницу, где происходит процесс смешивания с раствором реагента. Готовое водоугольное топливо с помощью насосного оборудования из зумпфа подается в аккумулирующую емкость, откуда поступает на горелочные форсунки котельного агрегата или на отгрузку сторонним потребителям.

ВУТ представляет собой дисперсную систему, состоящую из тонкоизмельченного угля, воды и реагента-пластификатора: уголь (кл. 0–500 мкм) 59–70 %, вода 29–40 %, реагент-пластификатор 1 %. Температура воспламенения равна 450–650 °С, а температура горения – 950–1050 °С.

Применение ВУТ имеет определенные преимущества [4–6].

Экологические:

– является экологически безопасным на всех стадиях производства, транспортирования и использования;

– позволяет в 1,5–3,5 раза снизить вредные выбросы в атмосферу (пыли, оксидов азота, бенз(а)пирена, двуокиси серы) и эффективно использовать образующуюся при сжигании летучую золу;

– не содержит агрессивные и вредные компоненты.

Технологические:

– подобно жидкому топливу при переводе теплогенерирующих установок на сжигание ВУТ не требуется существенных изменений конструкции агрегатов;

– позволяет легко механизировать и автоматизировать процессы приема, подачи и сжигания топлива;

– разработанная новая технология вихревого сжигания при температуре 950–1050 °С позволяет достичь эффективности использования топлива свыше 97 % (при слоевом сжигании угля указанная величина не превышает 60 %);

– является взрыво- и пожаробезопасным, содержание воды достигает 30–40 %;

– разработаны четыре системы зажигания ВУД – с применением плазмотрона, природного газа, жидкого и твердого топлива.

Экономические:

– снижает стоимость одной тонны условного топлива (ТУТ) в 1,3–5 раз;

– на 15–30 % снижаются эксплуатационные затраты при хранении, транспортировании и сжигании;



– обеспечивает снижение в 3 раза капитальных затрат при переводе ТЭЦ и ГРЭС со сжигания природного газа и мазута на водоугольное топливо;

– окупаемость затрат при внедрении ВУТ составляет 1–2,5 года (см. рис. 5).

Основные характеристики водоугольного топлива:

– обладает всеми технологическими свойствами жидкого топлива;

– транспортируется в авто- и железнодорожных цистернах, по трубопроводам, в танкерах и наливных судах;

– хранится в закрытых резервуарах шесть и более месяцев без расслоения;

– сохраняет свои свойства при длительном хранении и транспортировке;

– при переводе теплогенерирующих установок на ВУТ не требуется существенных изменений конструкций агрегатов.

Основным фактором востребованности технологий глубокой переработки угля и утилизации отходов является объявленное поэтапное повышение цен на природный газ и их выравнивание с мировыми ценами.

Учитывая широкий спектр рынка и имеющиеся тенденции опережающего роста цен на основные энергоносители (нефть и природный газ) по сравнению с углем и, особенно, с угольным

шламом, можно прогнозировать высокие темпы внедрения технологии приготовления композиционных водоугольных топлив в различных регионах России и за рубежом.

Основными потребителями разрабатываемых решений являются:

– муниципальные котельные жилищно-коммунального хозяйства и промышленных предприятий;

– угледобывающие и углеперерабатывающие предприятия;

– предприятия топливно-энергетического комплекса, использующие дорогостоящее жидкое нефтяное топливо, малоэффективный слоевой способ сжигания рядового угля и в ближайшей перспективе природный газ (при достижении его стоимости более 55 долл. за 1 000 м³);

– предприятия сельского хозяйства и др.

Дальнейшее повышение эффективности использования водоугольного топлива может быть связано с развитием технологий его получения, например, с применением эффектов гидродинамической кавитации – кавитационной технологии [8–10].

Вполне перспективным направлением может оказаться строительство обогатительных фабрик по изготовлению ВУТ по типу сахалинского проекта с учетом инфраструктуры энергетики, расположенной вблизи железнодорожных магистралей.

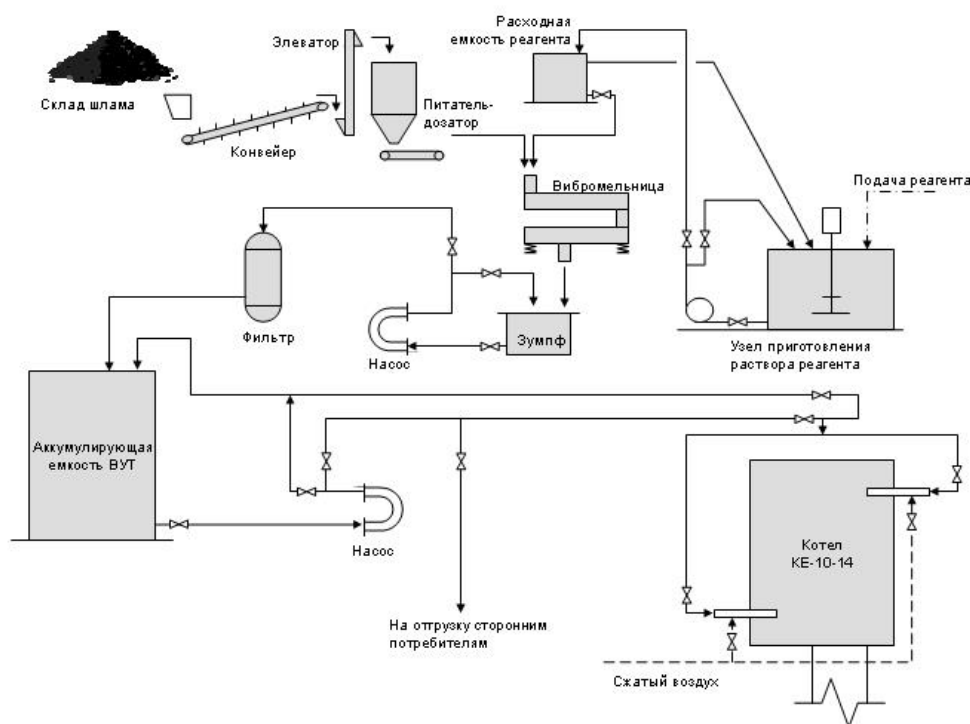


Рис. 5. Технологическая схема применения водоугольного топлива



Современное состояние системы транспортировки электроэнергии Сибири и энергоснабжения ОАО «РЖД»

Характеризуется следующим образом:

1. Электроснабжение Сибири осуществляется по 260 000 км линий электропередачи напряжением 0,4–500 кВ через 51 000 подстанций суммарной мощностью 91 000 МВт.

2. В настоящее время электроснабжение всех потребителей Сибири, в том числе Транссибирской и Байкало-Амурской магистралей, осуществляется по достаточно разветвленной сети 220–110 кВт.

3. С увеличением массы поездных составов с 3 000 до 12 000 т, а также пар поездов в сутки, кроме ряда локальных мероприятий необходимо рассмотреть вопрос усиления транзита 110 кВт, питающего Транссибирскую магистраль.

4. Существующая энергетическая система и инфраструктура обеспечивают стабильную транспортировку электроэнергии. Проблемы реформирования РАО «ЕЭС России» в значительной мере нивелированы.

5. Применяемые технологии транспортировки и технологическая инфраструктура соответствуют предъявляемым требованиям, однако имеют значительные уровни износа (машины и оборудование – 50–70 %, передаточные устройства – 50–60 %), что требует значительных инвестиций на их модернизацию.

6. Локальные чрезвычайные ситуации техногенного и природного происхождения имеют, как правило, объектовый и реже региональный характер с нормативным уровнем времени восстановления.

7. Экспертные оценки развития методов и технологической транспортировки электроэнергии показывают, что в их практических приложениях не следует ожидать новых прорывных решений.

С целью повышения надежности энергоснабжения ОАО «РЖД» в МРСК Сибири предполагается реализация следующих проектов:

1. Строительство второй цепи воздушной линии 220 кВ (ВЛ 220) «Междуреченская – Саянская», протяженностью свыше 900 км, что позволит провести реконструкцию тяговых подстанций 220 кВ и увеличить нагрузку на данном участке железной дороги.

2. На подстанцию 220 кВ Усть-Кут (Иркутская область) заведены линии ВЛ 220 кВ «Лена – Якурим» и «Коршуниха – Звездная».

3. Разрабатывается технико-экономическое обоснование создания электропередачи 500 кВ «Саяно-Шушенская ГЭС – Республика Тыва – Монголия – Бурятия».

4. В планах Федеральной электросетевой компании России в ближайшей перспективе (до 2021 г.) обсуждается строительство ВЛ 220 кВ для электроснабжения железной дороги «Курагино – Кызыл», необходимой для вывоза угля «Каа-Хемского» угольного разреза.

Общие выводы и рекомендации

1. Представленный материал содержит предварительную информацию. Обозначенные проблемы подлежат дальнейшей проработке на основе детальных исследований по указанным направлениям анализа рисков функционирования системы «ТЭК – РЖД».

2. Предметом первоочередных исследований целесообразно обозначить:

- анализ технологических рисков добычи и транспортировки угля, выработки и транспорта электроэнергии;

- взаимосвязанный анализ объемов добычи, схем и маршрутов, времени и расстояний транспортировки угля;

- совершенствование тарифной политики углеперевозок.

3. Необходимо провести комплексную работу по совершенствованию системы тарифного регулирования перевозок угля железнодорожным транспортом на основе использования цен на уголь в качестве базового параметра тарифа. Неизбежное повышение тарифов должно быть плавным, но опережающим по сравнению с текущей динамикой.

4. Обозначенная проблема имеет комплексный, междисциплинарный и межведомственный характер. Для ее рассмотрения в полном объеме целесообразно создание межведомственной рабочей группы представителей ТЭК и РЖД.

5. Необходимо провести совместный анализ документов стратегического планирования:

- Стратегия развития транспортного машиностроения РФ на период до 2030 г. (распоряжение Правительства от 17 августа 2017 г. № 1756-р);

- генеральная схема размещения объектов электроэнергетики до 2035 г. (распоряжение правительства от 09 июня 2017 г. № 1209-р);

- энергетическая стратегия России на период до 2030 г. (распоряжение Правительства от 13 ноября 2009 г. № 1715-р).

**БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Угольные разрезы России из космоса. Горные работы и экология нарушенных земель / Зеньков И.В., Заяц В.В. и др. Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2017. 519 с.
2. Гидротранспортные топливно-энергетические комплексы / Мурко В.И., Кулагин В.А. и др. Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2015. 250 с.
3. Эксергетический анализ теплотехнологических процессов / А.В. Жуйков и др. М. : Русайнс, 2018. 130 с.
4. Баранова М.П., Кулагина Л.В., Екатеринбург В.М. Физико-химические основы промышленных теплотехнологий. Красноярск : Гротеск, 2018. 148 с.
5. Мурко В.И., Федяев В.И., Хамяляйнен В.А. Физико-технические основы водоугольного топлива / Кемерово : Кузбассвуиздат, 2009. 187 с.
6. Баранова М.П., Кулагин В.А. Физико-химические основы получения топливных водоугольных суспензий. Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2011. 160 с.
7. Wt^s : сайт. URL: <https://whotrades.com/people/432482747/timeline>. (дата обращения 20.02.19).
8. Kulagin V.A., Kulagina L.V., Li Feng-Chen. *Fundamentals of Cavitation Treatment for Multicomponent Environments*. M. : RU-SCIENCE, 2017. 182 p.
9. Кулагин В.А., Кулагина Л.В. *Основы кавитационной обработки многокомпонентных сред*. М. : РУСАЙНС, 2017. 202 с.
10. Теплообмен и суперкавитация / Н.Д. Демиденко и др. Новосибирск : Наука, 2015. 436 с.

REFERENCES

1. Ugol'nye razrezy Rossii iz kosmosa. Gornye raboty i ekologiya narushennykh zemel' [Coal cuts of Russia from space. Mining and ecology of disturbed lands] / Zen'kov I.V., Zayats V.V., Nefedov B.N. i dr. Krasnoyarsk: Sib. fed. un-ty Publ., 2017. 519 p.
2. Gidrotransportnye toplivno-energeticheskie komplekсы [Hydrotransport fuel and energy complexes] / Murko V.I., Dzhundubaev A.K., Kulagin V.A. et al. Krasnoyarsk: Sib. fed. un-ty Publ., 2015. 250 p.
3. Eksergeticheskii analiz teplotekhnologicheskikh protsessov [Exergy analysis of heat engineering processes] / Zhuikov A.V., Kal'ekin V.S., Kulagina L.V., Matyushenko A.I. Moscow: RUSAINS Publ., 2018. 130 p.
4. Baranova M.P., Kulagina L.V., Ekaterinchev V.M. Fiziko-khimicheskie osnovy promyshlennykh teplotekhnologii [Physical and chemical bases of industrial heat technologies]. Krasnoyarsk: Grotesk Publ., 2018. 148 p.
5. Murko V.I., Fedyayev V.I., Khamyalyainen V.A. Fiziko-tekhicheskie osnovy vodougol'nogo topliva [Physical-technical basis of coal-water fuel]. Kemerovo: Kuzbassvuzizdat Publ., 2009. 187 p.
6. Baranova M.P., Kulagin V.A. Fiziko-khimicheskie osnovy polucheniya toplivnykh vodougol'nykh suspenzii [Physical and chemical bases of obtaining fuel coal-water suspensions]. Krasnoyarsk: Sib. fed. un-ty Publ., 2011. 160 p.
7. [https://whotrades.com/people/432482747/timeline]
8. Kulagin V.A., Kulagina L.V., Li Feng-Chen. *Fundamentals of Cavitation Treatment for Multicomponent Environments*. Moscow: RU-SCIENCE Publ., 2017. 182 p.
9. Kulagin V.A., Kulagina L.V. *Osnovy kavitatsionnoi obrabotki mnogokomponentnykh sred* [Basics of cavitation processing of multicomponent media]. Moscow: RUSAINS Publ., 2017. 202 p.
10. Teplomassoobmen i superkavitatsiya [Heat and mass transfer and supercavitation] / Demidenko N.D., Kulagin V.A., Shokin Yu.I., Li Feng-Chen. Novosibirsk: Nauka Publ., 2015. 436 p.

Информация об авторах

Махутов Николай Андреевич – д. т. н., профессор, член-корреспондент РАН, председатель рабочей группы при президенте РАН по анализу риска и проблем безопасности, г. Москва

Москвичев Владимир Викторович – д. т. н., профессор, заслуженный деятель науки РФ, директор Красноярского филиала Института вычислительных технологий СО РАН – Специальное конструкторско-технологическое бюро «Наука», заведующий кафедрой диагностики и безопасности технических систем, Сибирский федеральный университет, г. Красноярск, e-mail: krasn@ict.nsc.ru

Кулагин Владимир Алексеевич – д. т. н., профессор, почетный работник науки и техники Российской Федерации, заведующий кафедрой теплотехники и гидродинамики, Сибирский федеральный университет, г. Красноярск, e-mail: vkulagin@sfu-kras.ru

Для цитирования

Махутов Н. А. Современные технологии топливно-энергетического комплекса и возможности развития железнодорожного транспорта Сибири / Н. А. Махутов, В. В. Москвичев, В. А. Кулагин // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2019. – Т. 61, № 1. – С. 64–73. – DOI: 10.26731/1813-9108.2019.1(61).64–73

Authors

Nikolai Andreevich Makhutov – Doctor of Engineering Science, Professor, Corresponding Member of the RAS, Chairman of the Working Group on Risk and Safety Analysis under the RAS President, Moscow

Vladimir Viktorovich Moskvichev – Doctor of Engineering Science, Professor, Honored Scientist of the Russian Federation, Director of the Krasnoyarsk branch of Institute of Computational Technologies of the Siberian Branch of the RAS – Special design and technological bureau "Science", Head of the Diagnostics and Security of Technical Systems Department of the Siberian Federal University, Krasnoyarsk, e-mail: krasn@ict.nsc.ru

Vladimir Alekseevich Kulagin – Doctor of Engineering Science, Professor, Honorary Worker of Science and Technology of the Russian Federation, Head of the Subdepartment of Heat Engineering and Hydrodynamics, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, e-mail: vkulagin@sfu-kras.ru

For citation

Makhutov N. A., Moskvichev V. V., Kulagin V. A. *Sovremennyye tekhnologii toplivno-energeticheskogo kompleksa i vozmozhnosti razvitiya zheleznodorozhnogo transporta Sibiri* [Modern technologies of the fuel and energy complex and the possibility of the siberia railway transport development]. *Sovremennyye tekhnologii. Sistemnyy analiz. Modelirovaniye* [Modern Technologies. System Analysis. Modeling], 2019, Vol. 61, No. 1, pp. 64–73. DOI: 10.26731/1813-9108.2019.1(61).64–73