

### Федеральное агентство морского и речного транспорта Фелеральное госуларственное бюлжетное образовательное

учреждение высшего образования

### ГОСУЛАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ МОРСКОГО И РЕЧНОГО ФЛОТА имени адмирала С. О. МАКАРОВА

# Институт ВОДНОГО ТРАНСПОРТА Кафедра теории и конструкции судовых двигателей внутреннего сгорания О. К. Безюков В. Л. Ерофеев Е. В. Ерофеева А. С. Пряхин ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ: ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВОДНОГО ТРАНСПОРТА лергосбережение: летическая эффектив водного транспорта монография

Санкт-Петербург Издательство ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова 2016

УДК 620.9 ББК 31.2 **Б39** 

**Б39 Безюков, О. К.** Энергосбережение: энергетическая эффективность водного транспорта: монография / О. К. Безюков, В. Л. Ерофеев, Е. В. Ерофеева, А. С. Пряхин. — СПб.: Изд-во ГУМРФ им. адм. С. О. Макарова, 2016. — 284 с.

### ISBN 978-5-9509-0218-5

В монографии изложены современная концепция, основные понятия и принципы эффективного использования топливно-энергетических ресурсов; анализируются государственная энергетическая стратегия и политика, а также мировой опыт повышения энергетической эффективности производства товаров и услуг; рассматриваются механизмы и способы энергосбережения в условиях рыночной экономики, состояние и перспективы энергосбережения на водном транспорте; обосновывается необходимость понимания энергосбережения, повышения энергетической эффективности как неотъемленой составной части энергетической и транспортной безопасности государства.

Монография предназначена для специалистов различного уровня, работающих в области рационального энергоиспользования. Монография может быть полезна преподавателям, аспирантам и студентам, обучающимся по направлениям подготовки бакалавров и магистров соответственно, 23.03.03 и 23.04.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов», 26.03.02 и 26.04.02 «Кораблестроение, океанотехника и системотехника объектов морской инфраструктуры», 13.03.02 и 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника» в качестве дополнительной интературы.

### Репензенты:

*Курошева Г. М.*, д-р жон. наук, проф. зав. каф. антикризисного управления предприятием и персоналом ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова;

*Маркин В. В.*, д-р экон. наук, проф., заместитель министра инвестиций и инноваций Московской области;

Mартынов А. А., канд. техн. наук, проф. каф. судовых двигателей внутреннего сгорания Сибирского государственного университета водного транспорта.

### СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	7
ВВЕДЕНИЕ	8
	0
Раздел 1. СУЩНОСТЬ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ, ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ	
АСПЕКТЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ	
ПРОИЗВОДСТВА ТОВАРОВ И УСЛУГ	
1.1. Общие понятия и определения в области энергосбережения	<u>S</u>
1.1.1. Повышение энергетической эффективности при производстве	3
товаров и услуг — основная задача энергосбережения	9
1.1.2. Процессы управления использованием энергии —	
	10
1.1.3. Цели энергетического менеджмента	
на макро- и микроуровнях	11
1.2. Историко-философские проблемы энергосбережения	14
1.3. Государственная энергетическая политика	19
1.3.1. Энергетическая стратегия России	19
1.3.2. Федеральные Законы, Постановления Правительства	
Российской Федерации, Федеральные целевые программы	23
1.3.3. Потенциалы энергосбережения	26
1.3.4. Показатели эффективности использования	
топливно-энергетических ресурсов	27
1.4. Стандартизация и сертификация в области управления качеством	
использования энергии	33
1.4.1. Инновационные мероприятия	33
1.4.2. Составные элементы системы энергетического менеджменто	ı 34
1.4.3. Инновации технологического вида	40
1.5. Предельно допустимые и реально достижимые инновации	
в области технологий топливоиспользования	42
1.5.1. Система коэффициентов полезного действия	
при комплексном преобразовании и использовании энергии	42
1.5.2. Термодинамические пределы повышения	
энергоэффективности теплового двигателя	45
1.5.3. Эксергетический метод оценки	
энергетической эффективности топливоиспользования	48
5.4. Концепция предельно эффективной технологии как основы	
для выбора технической политики в области технологии	
у судового топливоиспользования	49
1.6. Экономическая целесообразность финансовых вложений	
в повышение энергетической эффективности	61
1.6.1. Финансово-экономический механизм энергосбережения.	
Источники инвестиций	61
1.6.2. Энергетический перформанс-контракт и энергосервисные	
компании	67

	1.6.3. Модель расчета эффективности энергосберегающих проектов
	72 ЗОДЫ ПО РАЗДЕЛУ 178
	ел 2. ОСОБЕННОСТИ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ
	РАНСПОРТНОЙ ОТРАСЛИ И ЕЁ ПОДОТРАСЛЯХ80
	. Энергоэкология. Транспортная энергетика и парниковый эффект 80
2.2	. Специфические особенности функционирования водного транспорта
	89
	2.2.1. Морские бассейны и внутренние водные пути
	2.2.2. Конъюнктура развития транспортных потоков
	2.2.3. Основное ядро водного транспорта —
	флот и инфраструктура его функционирования
	. Установление показателей энергетической эффективности
ВОД	цного транспорта
	2.3.1. Анализ российского законодательства
	2.3.2. Энергетические индикаторы Международного
	энергетического агентства
	2.3.3. Требования Международной морской организации
	2.3.4. Показатели энергетической эффективности, установленные Федеральной службой по тарифам Российской федерации
	. Анализ структуры технологического потребления топливно-
	. Анализ структуры технологического потреоления топливно- ергетических ресурсов объектами флота и инфраструктуры водного
The	опетических ресурсов объектами флога и инфраструктуры водного
тра	инспорта Российской Федерации
	инфраструктурой морского и речного транспорта104
	2.4.2. Структура технологического потребления
	топливно- энергетических ресурсов объектами
	инфраструктуры
	водного транспорта
	2.4.3. Транспортная мнарраструктура морского и речного
	транспорта в районах, обусловленных удаленностью
	и экстремальными температурами127
	2.4.4. Структура технологического потребления
	топливно энергетических ресурсов для объектов
	транспортной
	инфраструктуры водного транспорта129
2.5	. Особенности организации систем энергетического менеджмента
на	водном транспорте
	<b>2</b> .5.1. Судоходные компании
	2.5.2. Государственные бассейновые управления водных путей
	и сообщений и другие бюджетные организации141
	2.5.3. Порты, терминалы, судоремонтные и судостроительные заводы 142
	2.5.4. Оценка экономического потенциала
	энергосбережения на примере расчета энергетически
	эффективного проекта
	для судостроительного предприятия

2.6. Теория и практика проведения энергетических обследований	
на водном транспорте150	
2.6.1. Законодательная база	
2.6.2. Предприятия и организации водного транспорта,	
подлежащие обязательному энергетическому обследованию	
2.6.3. Конкретные технологии и средства энергосбережения,	
рекомендуемые для объектов водного транспорта	
ВЫВОДЫ ПО РАЗДЕЛУ 2	
Раздел 3. ПРАКТИКА ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ НА ОБЪЕКТАХ	
ВОДНОГО ТРАНСПОРТА. ЗАДАЧИ ПОВЫШЕНИЯ	
ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ	
3.1. Фактическое состояние и перспективы развития флота	
и инфраструктуры водного транспорта	
	6
3.2. Практика проведения энергетических обследований на водном	7
транспорте	
3.2.1. Ценность и экономическая эффективность энергетических	
обследований	
3.2.2. Водные пути и гидротехнические сооружения	
3.2.3. Порты и транспортные терминалы173	
3.2.4. Доработка Методики энергетического обследования	
объектов инфраструктуры водного транспорта175	
3.3. Установление и оценка показателей энергетической	
эффективности объектов водного транспорта	
3.3.1 Возможности адаптации типовой методики проведения	
энергетического обследования к специфике водного транспорта 177	
3.3.2. Методика определения показателей энергетической	
эффективности объектов инфраструктуры морского и речного	
транспорта (проект)179	
3.4. Мероприятия Программы повышения энергетической	
эффективности, отражающие специфику объектов водного	
транспорта	
3.5. Технический потенциал энергосбережения ряда мероприятий,	
применимых на объектах водного транспорта	
3.5.1. Использование вторичных энергетических ресурсов202	
3.5.2. Использование теплонасосных технологий в различных	
схемах утилизации ВЭР	
3.5.3. Инфракрасные отопительные системы	
3.5.4. Микро- и малые гидроэлектростанции	
3.5,5. Лучшие зарубежные практики по мерам, технологиям	
и средствам энергосбережения на объектах инфраструктуры	
ф водного транспорта	
3.6. Снижение выбросов диоксида углерода установками,	
работающими на сжиженном природном газе в качестве моторного	
топлива, за счет использования хладопотенциала	
криогенного топлива	
3.6.1. Перспективы перехода на сжиженный природный газ	

сухой лед	255
3.6.3. Традиционные схемы получения СО вымораживанием из дымовых газов	267
из дымовых газов	
3.6.4. Оценка влияния предлагаемых инновационных решений на величину индекса энергоэффективности в соответствии с требованиями ИМО	270 272 274 277
с требованиями ИМО	270 272 274 277
ВЫВОДЫ ПО РАЗДЕЛУ 3	272 274 277
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	274 277 277
список литературы	Makado
TO ALIA	Makapo
на величину индекса энергоэффективности в соответствии с требованиями ИМО. ВЫВОДЫ ПО РАЗДЕЛУ 3	

### ПРЕЛИСЛОВИЕ

Предлагаемая монография представляет собой результат исследования теоретических положений и практических механизмов энергосбережения, расшифровки самого понятия энергосбережения как способа увеличения энергетической эффективности производства товаров и услуг, как инструмента, повышающего энергетическую безопасность, а также заметно влияющего на экономическую безопасность, а для объектов транспорта — и на транспортную безопасность государства.

Рациональное использование энергии является межотраспевой проблемой, требующей учета специфических особенностей работы транспорта, функционирования его в условиях рыночной экономики, при различных целевых установках собственников и государства. Современные условия хозяйствования требуют иного понимания проблем и качественного уровня образования инженеров и управленцев. Передовые промышленно развитые страны достигли значительных успехов в повышении энергетической эффективности производства товаров и услуг на путях развития энергетического менеджмента — управления использованием энергии.

Цель монографии — связать технические и технологические основы энергосбережения с их практическим применением в работе инженера и менеджера, дать конкретный аппарат для подготовки, принятия и реализации энергоэффективных проектов.

Настоящая монография, применительно к водному транспорту, его различным объектам является новой попыткой обобщения задач, стоящих перед ними в части повышения энергетической эффективности.

Авторы выражают благодарность д-ру экон. наук, проф. Г. М. Курошевой и д-ру экон. наук, проф. В. В. Маркину, а также канд. техн. наук, проф. А. А. Мартынову за ценные замечания, высказанные в процессе рецензирования.

### **ВВЕЛЕНИЕ**

Транспорт является важнейшим потребителем наиболее качественных видов жидкого топлива и электроэнергии, поэтому проведение политики энергосбережения является весьма актуальной.

Повышение энергетической эффективности транспорта может быть достигнуто не столько за счет внедрения новой техники и технологий, сколько за счет изменений в способах управления использованием энергии, т. е. за счет энергоменеджмента. Установлено, что для реализации одного эффективного научно-технического нововведения пребуется около 50 продуктивных идей. Хорошее управление может снизить долю «неуспешных» проектов, обеспечить эффективное использование располагаемых ресурсов. Развитие способности руководителя к принятию лучших решений требует овладения теоретическими приемами и методами управленческого мышления.

Формирование у специалистов знаний и компетенций в области управления качеством использования энергии и является задачей предлагаемой монографии.

### Разлел 1. СУШНОСТЬ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОЛСТВА ТОВАРОВ И УСЛУГ

### 1.1. Общие понятия и определения в области энергосбережения

1.1.1. Повышение энергетической эффективности при производстве товаров и услуг основная задача энергосбережения

akapoBar Энергия, наряду с трудом, капиталом и материалами, является одним из важнейших факторов производства, устойчивый экономический прогресс государства, региона, отраслей народного хозяйства не может не опираться на прочный базис системы энергоснабжения. Прочным же этот базис может быть лишь в том случае, если есть возможность предвидеть негативные изменения этой системы и либо нейтрализовать действие ряда факторов, их порождающих либо адаптироваться к новой обстановке и принимать решения только на основе разработки и системной реализации энергетической политики государства, региона и отдельных субъектов хозяйствования.

В экономической науке уже давно используется показатель энергоемкости, измеряемой затратой нергии на денежную единицу пролукции.

Снижение потребления энергии является своеобразным показателем деиндустриализации, поэтому важным является вопрос эффективности использования энергии. Более 30 % энергии расходуется на транспорт, причем на 95 % — это энергия нефтяного происхождения. Примером того, что не общество использует рынок, а рынок диктует свою волю обществу, являются тысячетонные перевозки товаров, часто из одного конца света в другой. Так, только 0,5 % пассажиров использует воздушный транспорт, но на него тратится 5 % всей энергии транспорта. Автоперевозки в четыре-пять раз более энергоемки, чем железнодорожные, и в десятки раз, чем морские. Наиболее быстро величиваются затраты энергии на частный парк автомашин. В соответствии с ростом потребленной энергии возрастают и негативные экологические последствия.

Прогнозисты считают, что человечество, увлекаясь за свои права и забывая об обязанностях, ставит себя на грань уничтожения. Сохранение возможно лишь на путях устойчивого развития.

критерии которого учитывают не только требования рынка, но и требования общества и природы.

Условием цивилизации человечества всегда было и остается использование энергии. В XX в. развитие мировой экономики характеризовалось чрезвычайно быстрым увеличением потребления энергии. Однако за последние 20 – 25 лет произошли значительные изменения, связанные, прежде всего, с переходом от энергетической эйфории, от экстенсивных путей развития энергетики к энергетической политике, основанной на повышении эффективности использования энергии и всемерной ее экономии. Этому способствовало понимание ограниченности первичных источников энергии и значительное увеличение затрат на извлечение, переработку, транспортировку и использование энергоносителей.

Кардинальным направлением энергетической политики практически во всех странах мира становится политика энергосбережения во всех элементах жизнедеятельности человеческого общества. Под энергосбережением понимается процесс, в ходе которого сокращается потребность в энергоресурсах и энергоносителях в расчете на единицу конечного полезного эффекта от их применения.

Это определение энергосбережения позволяет перейти от примитивного понимания снижения колинества расходуемых топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) к качественным показателям эффективности их использования.

# 1.1.2. Процессы управления использованием энергии — основная зарача энергетического менеджмента

Важной составляющей энергосберегающей политики является не просто бережное расходование энергии и топлива, а пересмотр технологического базиса генерирования, распределения и использования энергии в процессах производства с позиций более рационального применения энергии, труда, основных фондов, сырья и материалов [1].

нергосбережение имеет многоуровневый межотраслевой характер и требует межотраслевой структуры систем управления. Решение проблемы энергосбережения и рационального энергопотребления, требующее одновременных согласованных действий государственных и иных организаций и отдельных людей, включающей как технические, так и социально-экономические аспекты, составляет суть и цель энергетического менеджмента. Зародившись в индустриально развитых странах Западной Европы, Японии, США в 1960 – 1970-х гг.

как результат преодоления энергетического кризиса, активно развивающийся сегодня для новых социально-экономических условий энергетический менеджмент формируется на стыке менеджмента и технологий, являясь синтезом гуманитарных и технических знаний и опыта.

Энергетический менеджмент — это методологическая наука с практическим инструментарием для осуществления процесса управления использования энергии, т. е. планирования, организации (внедрения), мотивации, контроля оптимального использования всех видов форм энергии при целесообразном удовлетворении потребностей человека (организации) и минимальном отрицательном влиянии на окружающую среду.

Энергетический менеджмент является обязательной составной частью общего менеджмента, осуществляется на всех вертикальных и горизонтальных уровнях управления организаций, повторяя его иерархические структуры.

### 1.1.3. Цели энергетического менеожмента на макро- и микроуровнях

Следует различать энергетический менеджмент макроуровня (на международном уровне, в стране, области, городе, в отрасли экономики и т. п.) и энергоменеджмент микроуровня (внутри предприятия, учреждения, фирмы, в семье.)

Цели энергетического менеджмента различны по своему содержанию для организаций разлых иерархических уровней, например:

- на государственном (национальном) уровне энергетическая независимость и безопасность, переход от энергозатратной к энергоэффективной экономике;
- на отраслевом уровне энергоэффективное и экологически безопасное функционирование отрасли в рамках национальной экономики:

на уровне региона, области, города — минимум затрат энергоресурсов для обеспечения рациональных комфортных инфраструктур, жачества жизни населения при соблюдении экологических норм;

на уровне отдельных фирм, предприятий — достижение минимальной энергетической составляющей в себестоимости продукции и обеспечении конкурентоспособности продукции по энергетическим и экологическим характеристикам на внутреннем и мировом рынках.

На каждом из этих уровней предусматривается свои концепция и технология (методики, средства, способы) энергосбережения.

Целью предлагаемой работы является попытка установить место энергетической эффективности подотрасли водного транспорта в общей проблеме энергосбережения, стоящей перед экономикой Российской Федерации на данном этапе, и предложить ряд концепций и технологий энергетического менеджмента на микроуровне — подотрасли в целом и на группах ее объектов для повышения энергетической эффективности их функционирования.

Основной задачей энергетического менеджмента является оптимальное управление различными системами, производящими преобразующими, транспортирующими и потребляющими энергию различных видов, поиск новых эффективных экологически чистых источников энергии, систематический анализ и компенсация экологических последствий энергопользования с учетом полного цикла оборота энергоносителей от добычи, транспортировки до упилизации отходов. Такие системы относятся к классу больших производственно-экономических систем, которые обладают определенными свойствами и требуют соответствующих подходов к их эксплуатации и управлению ими. Большие системы являются динамическими системами, их параметры, режимы изменяются во времени. Изучение их может осуществляться только на основе системного подхода с применением методов системного анализа.

Решение проблемы повышения эффективности использования топливно-энергетических ресурсов должно реализовываться системно, включая в себя следующие аспекты (рис.1.1) [2].



Puc. 1.1. Решение проблемы повышения эффективности использования ТЭР

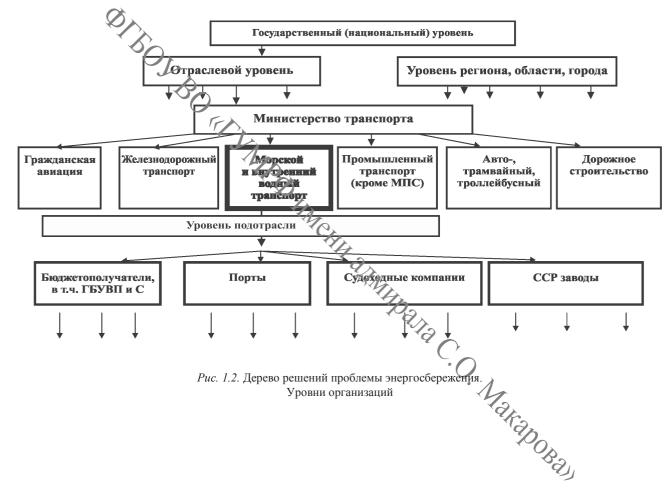
В настоящее время широко разрабатываются в основном технические и технологические аспекты повышения эффективности энерго-

использования, в то время как правовые и экономические аспекты этой проблемы по большинству вопросов разработаны слабо, что является одним из основных барьеров на пути реализации эффективности использования ТЭР.

Системный подход — это направление познания и практики, в основе которого лежит исследование объектов как систем, как целостного множества взаимосвязанных элементов. Сила системного метода в анализе сложных проблем заключается в том, что он позволяет, с одной стороны, разложить слишком сложную для решения проблему на составляющие — вплоть до постановки конкретных, имеющих отработанные методы решения задач, а с другой — удержать их вместе в качестве елиного пелого.

Правильно сконструировать систему означает точно определить цель, общую цель разукрупнить и довести до конкретных исполнителей. Разукрупнение цели, отбор средств ее достижения по соответствующим критериям, сравнение вариантов и отбор дучшего — все это также является назначением системного анализа. Пример разукрупнения проблемы энергосбережения в виде «дерева решений» и уровня организации представлен на рис. 1.2.

Существует, по крайней мере, два взгляда на концепцию энергосбережения. Согласно первом энергосбережение рассматривается (особенно для ресурсодебицитных районов) как крупный, потенциальный, независимый источник энергии в приходной части топливно-энергетического баланса — альтернатива строительству новых топливных баз, электростанций, сетей и проч. При этом вложение средств в энергосбережение оказывается более целесообразным, чем создание новых энергоносителей. Согласно второму, энергосбережение рассматривается как относительно сложная, иерархическая, человеко-машинная система, связанная со всеми отраслями экономики и окружающей средой. Системный подход к учету энергосбережения при второй концепции означает, прежде всего, процедуру выявления источников энергосбережения и анализ энергосберегающих потенциалов, для чего необходимо дать анализ приходной и расходной частей топливно-энергетического баланса организации, способов преобразования, передачи, распределения и использования энергии. Выявленные источники энергосбережения служат в качестве исходных данных для определения энергосберегающих потенпиалов.



### 1.2. Историко-философские проблемы энергосбережения

Энергия, наряду с трудом, капиталами и материалами, является одним из важнейших факторов существования человечества. Потребление энергии человечеством прямо или косвенно определяет сильное изменение газового состава атмосферы и, таким образом, формирует мощный возмущающий фактор, приводящий к нарушению теплового баланса планеты, тем самым влияя на изменение ее климата.

Современный статус отношений человека с природой можно охарактеризовать как кризис, который, однако, не обязательно ведёт к кастастрофе [3]. Этот кризис не является ни экологическим, ни энергетическим, он имеет, прежде всего, нравственный и психологический характер. Нравственная природа кризиса определяется гигантским, всё возрастающим разрывом между этическими задачами и реальным поведением человека. Этот разрыв стал особенно явным в последние два столетия и привел к формированию принципиацию новых, рациональных и антигуманных отношений с природой, носящих характер жесткого противостояния.

Психологическая суть кризиса заключается в том, что человек, разорвав естественные связи, поставлен в ситуацию неразрешимого конфликта. По своим физиологическим функциям люди принадлежат к миру животных, существование которых определяется инстинктами и гармонией с природой. Поступки же человека уже не определяются только инстинктами. Самосознание, разум, воображение и способность к творчеству нарушает единство со средой обитания и отделяет человека от остального животного мира. Человек возвышает себя над природой.

Человек во всех его природопреобразующих проявлениях, в том числе касающихся промышленности, производства и потребления энергии, суть продукт исторической эволюции и определённых врожденных механизмов. В любом обществе картина мироздания (естественный порядок вещей) служит для человека тем основанием, на котором строятся представления об идеальном или допустимом устройстве бщества. Из модели мироздания Ньютона, представлявшем мир как находящуюся в равновесии машину со всеми её «сдержками и противовесами», прямо выводилась либеральная концепция свобод, прав, разделение властей. Переводом этой модели на язык государственного и хозяйственного строительства были, например, конституция США и политэкономическая теория Адама Смита [4]. Огромная культурная

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> В п. 1.2 излагается краткое содержание положений (с которыми авторы настоящей монографии полностью согласны), представленных в [3], [4].

мутация произошла в Западной Европе вследствие совмещения религиозной и научной революций. Их совместное действие предопределило центральные догмы «научной» экономической теории. Так, в политэкономии представление о *бесконечности мира* преломилось в постулат о *неисчерпаемости* природных ресурсов. Субъективное отношение к природе, которому в политэкономии капиталистического способа производства придан как бы объективный характер естественного закона, оказалось выражено в принципе: природные ресурсы являются *неисчерпаемыми* и *бесплатными*.

Научная картина мира менялась. В XIX в. был сделан важнейший шаг вперед от ньютоновского механизма, который описывал мир как движение масс, оперировал двумя категориями: массой и силой. Когда в рассмотрение мира была включена энергия, возникла термодинамика, движение тепла и энергии, двумя универсальными категориями стали энергия и работа вместо массы и силы. В картине мира появились необратимость, нелинейные отношения. Сади Карно, который создал теорию идеальной тепловой машины, произвед огромные культурные изменения. Эту трансформацию научного образа мира освоил и перенёс в политэкономию Карл Маркс.

К. Маркс ввёл в основную модель политэкономии цикл воспроизводства — аналог разработанного С карно идеального цикла тепловой машины. Вместо элементарных фактов обмена «товар — деньги» (как у Карно «давление — объём») появилась вся цепочка соединенных в систему операций. Модель сразу стала более адекватной — политэкономия теперь изучала уже не простой акт эквивалентного обмена, как было раньше, а поливый цикл, который может быть идеальным в некоторых условиях (Карно определял условия достижения максимального КПД в цикле воспроизводства — максимальные нормы прибыли). Но главное, что из термодинамического рассмотрения (а это была равновесная термодинамика), вытекало, что совершив идеальный цикл, нельзя было произвести полезную работу, т. к. эта работа использовалась для возвращения машины в исходное состояние. И, чтобы получить полезную работу, надо было изымать энергию из топлива, аккумулятора природной солнечной энергии.

Когда К. Маркс ввёл свою аналогию — цикл воспроизводства, в каждом звене которого обмен был эквивалентным, — оказалось, что для получения прибавочной стоимости надо вовлекать в этот цикл совершенно особый товар — рабочую силу, платя за неё цену, эквивалентную стоимости её воспроизводства. По сути, был сделан неосознанный скачок к неравновесной термодинамике, скачок через целую научную

эпоху. В отличие от топлива как аккумулятора химической энергии, которая могла вовлекаться в работу тепловой машины только с ростом энтропии, рабочая сила — явление жизни, процесса крайне неравновесного и связанного с локальным уменьшением энтропии. Фабрика, соединяя топливо (аккумулятор энергии) с живой системой работников (аккумулятор негэнтропии) и технологий (аккумулятор информации), вызывала качественный сдвиг в ноосфере, а значит, принципиально меняла картину мира.

Во-первых, у Карно фундаментальные параметры цикла соизмеримы — они связаны простым математическим уравнением. В экономическом цикле параметры в реальности *иссоизмеримы*, они приводятся в соизмеримую форму через абстракцию более высокого уровня. Т. е. «вернуться» к реальности из модели Маркса гораздо сложнее, чем из модели Карно, и этот «возврат» последователи Маркса удовлетворительно не разработали.

Во-вторых, сразу после того, как работа Карно была введена в научный оборот Клапейроном, началось быстрое наращивание его модели. Уже Джевонс дополнил модель, привлёк внимание к «топке» (углю), а Клаузиус соединил проблему «топки» с проблемой энтропии. Подобного процесса с моделью Маркса не произошло, его последователи этой работы не проделали. Модель стала работать и в идеологии, и в экономической практике так, будто она представляет не идеальный цикл, а реальный процесс.

Произошёл запрет на ту линию развития политэкономической модели, которая предполагала включить в неё наряду с традиционными экономическими категориями стоимости, цены и прибыли (категориями относительными, например, цены на нефть) категорию абсолютную — затраты энергии. Не было сделано того шага вперед, который уже назревал, а был сделан огромный шаг назад. Был усилен основной изъян базовой политэкономической модели, который стал осознаваться как нетерпимый с середины XX в.: модель не включала в рассмотрение взаимодействие экономики с окружающей средой и с будущим.

Политэкономия действительно не в состоянии включить в свою модель «топку и трубу» — невозобновляемые ресурсы и загрязнения, ибо это означало бы крах всего здания рыночной экономики. Некоторый продукт производства (углекислый газ, «парниковый эффект» и проч.) навязывается людям вопреки их предпочтениям и без соответствующей сделки, отражённой в движении денег («антитовар», потребительская «антистоимость»). Какую компенсацию за «антитовар» мог бы потребовать каждый житель Земли, которому навязывают этот эффект? Реальная «антистоимость» этого «антитовара» неизвестна. Но изменился бы весь образ жизни Запада, он сразу же утратил бы один из важнейших идеологических аргументов в пропаганда своего образа жизни.

Представления о мире, включающем биосферу и хозяйственную деятельность человека, в XX в. продолжали развиваться, но уже помимо марксизма, и даже нередко, к несчастью, в конфяркте с ним. Так, в материалах Конференции ООН по окружающей среде и развитию (Рио-де-Жанейро, 1992 г.) прозвучало признание природоразрушающего характера рыночной экономики и необходимости перехода к устойчивому развитию, которое удовлетворяет потребности настоящего времени, но не ставит под угрозу способность будущих поколений удовлетворять свои собственные потребности. Сброс загрязнений в биосферу — главную ценность всего человечества — и ограбление будущих поколений возможен лишь благодаря идеологической, экономической и военной силе Запала.

Однако, судя по тем процессам, которые происходят в науке и обществе, можно надеяться, что будут найдены формы синтеза рационального метода познания с моральными ценностями и предложены человеку новые модели его взаимоотношений с людьми и природой. И не стоит представлять дело так, будто перед человечеством расстилается целый спектр вариантов и существует возможность выбора. В будущее ведёт единственная дорога, следует попытаться отыскать естественную траекторию будущих глобальных изменений, практически полностью определённую сложившейся к настоящему времени культурой.

Изучение и развитие различных аспектов использования энергии (экологических, технических, экономических и поведения людей — поведенческих), несомненно, укладываются в составляющие этой естественной траектории будущего, а проблема «топки и выбросов» превращается в энергоэкологическую проблему энергосбережения.

### 1.3. Государственная энергетическая политика

### 1.3.1. Энергетическая стратегия России

### Цели и приоритеты

Стратегия национальной безопасности Российской Федерации до 2020 г., утвержденная Указом Президента РФ 12 мая 2009 г. № 537, указывает (п. 60), что одним из главных направлений обеспечения национальной безопасности в экономической сфере на долгосрочную перспективу является энергетическая безопасность [5]. Основным содержанием энергетической безопасности является устойчивое обеспечение спроса достаточным количеством энергоносителей, эффективное использование энергоресурсов. Основным направлением обеспечения национальной безопасности являются стратегические национальные приоритеты. Стратегические ориентиры долгосрочной государственной энергетической политики формулирует «Энергетическая стратегия России» [6].

Приоритетами энергетической стратегии являются:

- полное и надежное обеспечение населения и экономики страны энергоресурсами по доступным и, вместе с тем, стимулирующим энергосбережение ценам, снижение рисков и недопущение кризисных ситуаций в энергообеспечении страны;
- снижение удельных затрат на производство и использование энергоресурсов за счет рационализации их потребления, применение энергосберегающих технологий и оборудования, сокращение потерь при добыче, переработке транспортировке и реализации продукции топливно-энергетического комплекса, минимизации негативного технического воздействия на окружающую среду.

Энергоемкость валового внутреннего продукта России в 2,5 раза выше среднемирового уровня и в 2,5 – 3,5 раза выше, чем в развитых странах. Уровни энергоемкости производства важнейших отечественных промышленных продуктов выше среднемировых в 1,2 – 2 раза и выше лучших мировых образцов в 1,5 – 4 раза. Низкая энергетическая эффективность порождает низкую конкурентоспособность российской промышленности. Сохранение высокой энергоемкости российской экономики приведет к снижению энергетической безопасности России и сдерживанию экономического роста. Выход России на стандарты благосостояния развитых стран на фоне усиления глобальной конкуренции и исчерпание источников экспортно-сырьевого типа развития требует кардинального повышения эффективности использования всех видов энергетических ресурсов.

### Ориентиры и принципы

Стратегическими ориентирами долгосрочной государственной энергетической политики являются энергетическая и экологическая безопасность, а также энергетическая и бюджетная эффективность.

Главным инструментом осуществления указанной политики будет комплекс мер экономического регулирования: ценового (тарифного), налогового и проч. Основой реализации энергетической политики государства будет постоянно развивающаяся нормативно-правовая база. Целью политики энергетической безопасности является и последовательное улучшение ряда главных ее характеристик, в том числе способность потребительского сектора экономики эффективно использовать энергетические ресурсы, предотвращая тем самым нерациональные затраты общества на свое энергообеспечение, и дефицитность топливно-энергетического баланса.

Важнейшими принципами обеспечения энергетической безопасности являются:

- контроль со стороны государства федеральных органов управления за надежным энергоснабжением объектов, обеспечивающих безопасность государства;
- диверсификация используемых видов топлива и энергии (экономика не должна чрезмерно зависеть от какого-либо одного энергоносителя):
- предотвращение нерационального использования энергоресурсов (взаимосвязь с политикой энергетической эффективности);
  - учет требований экологической безопасности и проч.

Для обеспечения энергетической безопасности необходимо решение двух первоочередных проблем:

- осуществить модернизацию во многом устаревшей морально и изношенной физически технологической базы ТЭК;
  - изменить структуру потребления ТЭР.

Важнейшим условием обеспечения энергетической безопасности станет единство целей и методов государственной энергетической помучки на федеральном и региональном уровнях. Федеральные органы исполнительной власти разрабатывают нормативно-правовую базу функционирования ТЭК, устанавливают технические регламенты, стандарты и нормативы безопасности и эффективности работы энергетических объектов и установок, организуют государственный надзор за их соблюдением.

В исключительном ведении субъектов Российской Федерации находятся регулирование функционирования объектов, не входящих в со-

став федеральных энергетических систем, разработка дополнительных требований к экономической безопасности и энергоэффективности объектов, расположенных на подведомственной территории, с учетом экономической целесообразности.

### Энергетическая эффективность

На современном этапе экономика России характеризуется высокой энергоемкостью, в два-три раза превышающей удельную энергоемкость экономики развитых стран. Причинами такого положения, кроме суровых климатических условий и территориального фактора, является сформировавшаяся в течение длительного периода времени структура промышленного производства и нарастающая технологическая отсталость энергоемких отраслей промышленности и жилищно-коммунального хозяйства, а также недооценка стоимости энергоресурсов, прежде всего газа, не стимулирующая энергосбережение.

Степень повышения энергетической эффективности предопределяет долгосрочные перспективы развития не только энергетического сектора, но и экономики Российской Федерации в целом. Ориентация экономики на энергоемкий рост угрожает консервации технологической отсталости.

Целью политики государства в данной сфере является жесткое и безусловное достижение намеченных стратегических ориентиров роста энергоэффективности с использованием широкого спектра стимулирующих потребителей энергоресурсов мер, обеспечивающих:

- структурную перестройку российской экономики в пользу малоэнергоемких обрабать вающих отраслей и сферы услуг;
  - реализацию потенциала технологического энергосбережения.

Для интенсификации энергосбережения необходимы обоснованное повышение внутренних цен энергоносителей, постоянная ликвидация перекрестного субсидирования в тарифообразовании и проч. Необходимо также осуществление системы правовых, административных и экономических мер, стимулирующих эффективное использование энергии, в том числе:

- изменение в соответствии с Федеральным законом «О техничеком регулировании» [7] существующих норм, правил и регламентов, определяющих расходование топлива и энергии в направлении ужесточения требований к энергосбережению;
- совершенствование правил учета и контроля энергопотребления, а также установление стандартов энергопотребления и предельных энергопотерь и обязательная сертификация энергопротребляющих

приборов и оборудования массового применения для установления их соответствия нормативам расхода энергии;

- проведение регулярного надзора за рациональным и эффективным расходованием энергоресурсов предприятий;
- создание дополнительных хозяйственных стимулов энергосбережения, превращающих его в эффективную сферу бизнеса;
- широкая популяризация государством эффективного использования энергии среди населения, массовое обучение персонала и проч.

Задача состоит в том, чтобы за счет целенаправленной государ ственной политики обеспечить заинтересованность потребителей энергии в инвестировании в энергосбережение, создать более привлека слыные условия для вложения капитала в эту сферу деятельности, снизив возможные финансово-экономические риски.

Одним из инструментов государственной политики станет поддержание специализированного бизнеса в области энергосбережения, переход от прямой финансовой помощи со стороны государства к формированию системы реализации эффективных бизнес-проектов в соответствующей сфере, страхование коммерческих и некоммерческих рисков. Мероприятия по энергосбережению и эффективному использованию энергии должны стать обязательной частью региональных программ социально-экономического развития регионов, в том числе региональных энергетических программ.

Региональная энергетическая политика, осуществляемая посредством тех же механизмов, что и энергетическая политика в целом, предусматривает максимально возможное, но экономически эффективное использование местивах источников топливно-энергетических ресурсов. Также предусматривается осуществление региональными органами управления энергетическим хозяйством ряда функций, в том числе в областях:

- разработки и реализации региональных энергетических программ (в том числе программ топливо- и энергообеспечения и энергосбережения регионов);
  - проведения активной энергосберегающей политики, создания управления региональными фондами энергосбережения;
- участия в разработке и реализации программ санации убыточных предприятий ТЭК.

Российская Федерация располагает одним из самых больших в мире технических потенциалов энергосбережения и повышения энергетической эффективности, который составляет более 40 % уровня потребления энергии. Оценка дана к уровню 2007 г. в материалах

Государственной программы РФ «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на период до 2020 года», утвержденной распоряжением Правительства РФ от 27.12.2010 г. № 2448 [8]. В абсолютных объемах этот потенциал составляет 403 млн т условного топлива (УТ), а с учетом сокращения сжигания попутного газа в факелах — 420 млн т УТ.

Решение проблемы энергосбережения носит долгосрочный характер, что обусловлено необходимостью как изменения системы отношений на рынках энергоносителей, так и замены и модернизации значительной части производственной, инженерной и социальной инфраструктуры и ее развития на новой технологической базе.

### 1.3.2. Федеральные Законы, Постановления Правительства Российской Федерации, Федеральные целевые программы

Одной из стратегических угроз системного характера для энергетической безопасности является энергорасточительность экономики.

Указ Президента РФ от 4 июня 2008 г. № 889 «О некоторых мерах по повышению энергетической эффективности российской экономики» [9] постановляет в целях снижения к 2020 г. энергоемкости внутреннего валового продукта РФ не менее чем на 40 % по сравнению с 2007 г. принять меры по техническому регулированию повышения энергетической эффективности ряда отраслей, в том числе и транспорта, подготовить проекты Федеральных законов, предусматривающих экономические механизмы, стимулирующие применение энергосберегающих и экологически чистых технологий.

Так, существовавими уже Федеральный закон РФ № 28-ФЗ от 03.04.1996 г. «Об энергосбережении» [10] был признан утратившим силу и заменен Федеральным законом РФ № 261-ФЗ от 23 ноября 2009 г. «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» [11] (далее — ФЗ № 261). Также принято Распоряжение Правительства РФ от 01.12.2009 г. № 1830-р, определяющее план мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности в РФ, направленных на реализацию данного закона [12].

В ФЗ № 261 были изменены некоторые основные понятия, а также сфера действия. Так, понятие «энергетическая эффективность» трактуется иначе (ст. 2, п. 4): «...энергетическая эффективность — характеристики, отражающие отношение полезного эффекта от использования энергетических ресурсов к затратам энергетических ресурсов, произведенным в целях получения такого эффекта, применительно к про-

дукции, технологическому процессу, юридическому лицу, индивидуальному предпринимателю». Эта трактовка «переворачивает» (с ног на голову) ряд определений, введенных ранее Федеральными законами и Государственными стандартами России в области энергосбережения, а также рядом Международных документов, например Международной морской организацией ММО. ФЗ № 261 включает в сферу своего действия в дополнение к деятельности, связанной с использованием энергетических ресурсов, применение положений и в отношении воды, подаваемой, передаваемой, потребляемой с использованием систем централизованного водоснабжения (ст. 5, п. 2).

В Федеральном законе «О техническом регулировании» [7] в ст. 46 внесено дополнение, связанное с обязательным исполнением обеспечения энергетической эффективности. ФЗ № 261 предписывает в целях получения объективных данных об объеме используемых энергетических ресурсов, определения показателей энергетической эффективности, определения потенциала энергосбережения, а также разработки перечня мероприятий по повышению энергетической эффективности проведения энергетических обследований, результаты которого сводят в энергетический паспорт. Обязательному энергетическому обследованию подлежат, в том числе, и «... организации, совокупные затраты которых на потребление природного каза, дизельного и иного топлива, мазута, тепловой энергии, угля электрической энергии превышает 10 млн руб. за календарный год ... (ст. 16, п. 5).

С 1 октября 2014 г. вступило в силу Постановление Правительства РФ [13], устанавливающее «…объем энергетических ресурсов в стоимостном выражении для определения совокупных затрат на потребление природного газа, дизельного и иного топлива (за исключением моторного топлива), мазута, тепловой энергии, угля, электрической энергии организациями, которые предусмотрены п. 5 ч. 1 ст. 10 ФЗ № 261 и составляет 50 млн руб.».

Требования к бюджетным учреждениям не менее жесткие: «...начиная с 1 января 2010 г. бюджетное учреждение обязано обеспечить снижение в сопоставимых условиях объема потребленных им воды, дизельного и иного топлива, мазута, природного газа, тепловой энергии, электрической энергии, угля в течение пяти лет не менее, чем на 15 % от объема фактически потребленного им в 2009 г. каждого из указанных ресурсов с ежегодным снижением такого объема не менее чем на 3 %...» (ст. 24, п. 1).

Проведение первого энергетического обследования должно быть произведено до 31 декабря 2012 г., последующие — не реже чем один

раз каждые пять лет. Деятельность по проведению энергетического обследования вправе осуществлять только лица, являющиеся членами саморегулируемых организаций в области энергетического обследования (ст. 15, п. 4). Саморегулируемая организация в области энергетического обследования обязана разработать и утвердить, в том числе, «...стандарты и правила, регламентирующие порядок проведения энергетических обследований, ... стандарты и правила оформления энергетического паспорта, составляемого по результатам энергетического обследования, стандарты и правила определения перечня мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности, стандарты и правила расчета потенциала энергосбережения...» (ст. 18, п. 4). Государственный контроль за соблюдением требований ФЗ№ 261 возложен на органы исполнительной власти.

27 декабря 2010 г. распоряжением Правительства РФ № 2446-р утверждена Государственная Программа Российской Федерации «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на период до 2020 года» [8]. Целью Программы является снижение энергоемкости валового внутреннего продукта Российской Федерации на 13,5 %, что в совокупности с другими факторами позволит обеспечить решение задачи по снижению энергоемкости валового внутреннего продукта на 40 % в 2007 – 2020 г.

Одной из центральных задач программы является формирование целостной и эффективной системы управления энергосбережением и повышением энергетической эффективностью на основе комплексного развития инфраструктуры, обучения и повышения квалификации руководителей и специалистов, занятых в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности, пропаганде и внедрения системы энергетического менеджмента. Целевыми индикаторами и показателями Программы предусматривается за счет реализации мероприятий Программы годовая экономия первичной энергии в объеме не менее 1 млн т условного топлива (далее — УТ) к 2016 г. и 195 млн т УТ к концу 2020 г.

реализация Программы предполагает два этапа: 1-й этап — 2011 — 2015 гг., 2-й этап — 2016 — 2020 гг. Предполагается финансирование Программы за счет средств Федерального бюджета (70 млрд руб.), бюджетов субъектов Российской Федерации (625 млрд руб.) и внебюджетных источников (8837 млрд руб.). Реализация мероприятий Программы не обусловливает ухудшение исходного состояния окружающей среды и не требует проведения восстановительных и рекультивационных работ.

Программа разделена на ряд подпрограмм, в их числе — «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на транспорте», включающая лишь трубопроводной и железнодорожный транспорт и упоминающая автомобильный транспорт (Приложение 13). Основной целью реализации мероприятий Программы для трубопроводного транспорта является снижение удельного расхода энергии на транспортировку (кг УТ/тыс. т·км), а для железнодорожного транспорта — сокращение удельного расхода на тягу (кг УТ/10 тыс. т·км Брут).

Анализ же потенциала повышения эффективности использования энергии в Российской Федерации (Приложение 1) на транспорте показал, что он достаточно заметен и для других видов транспорта. Так, потенциал использования нефтепродуктов для дизелей флота лишь вдвое меньше, чем для дизелей железнодорожного транспорта Потенциал использования нефтяных топлив (правда, иных, несопоставимых) — для автомобильного, авиационного и железнодорожного транспорта соотносится как 27.01 – 2.35 – 0.72 млн т УТ.

Специфика использования различных видов энергоресурсов должна быть, несомненно, отражена как в перечне мероприятий по возможностям энергосбережения, так и в построении систем энергетического менеджмента для различных отраслей гранспорта.

### 1.3.3. Потенциалы энергосбережения

Энергосберегающие потенциалы разделены [2] на:

- *технический* возможное снижение энергопотребления при выпуске одного и того же объема продукции при обеспечении неизменных условий за счет использования освоенных образцов энергосберегающей техники и технологии;
- экологический возможное снижение экологического ущерба, наносимого выбросами вредных веществ (CO , NO , SO  $_2$  и др.), излучениями и т. п. на объектах при реализации энергосберегающего мероприятия;
- экономический определяется с точки зрения экономической эффективности реализации технического потенциала. Величина экономического потенциала ограничивается жесткостью требований, предъявляемых к окупаемости и доходности капитальных вложений в энергосбережение.
- поведенческий мера осознания актуальности проблемы энергосбережения всеми лицами, принимающими и реализующими решения.

# 1.3.4. Показатели эффективности использования топливно-энергетических ресурсов

Оценка эффективности энергоиспользования регламентируется рядом нормативных документов, прежде всего ГОСТ Р 51541-99 «Энергосбережение. Энергетическая эффективность, состав показателей. Общие положения» [14], ГОСТ Р 51387-99 «Энергосбережение. Нормативно-методическое обеспечение. Основные положения» [15], ГОСТ Р 51380-99 «Энергосбережение. Методы подтверждения соответствия показателей энергетической эффективности и энергопостребляемой продукции их нормативным значениям. Общие гребования» [16] и др. Формализуем и приведем далее некоторые определения.

Эффективное использование топливно-энергетических ресурсов — достижение экономически оправданной эффективности использования энергетических ресурсов при существующем уровне развития техники и технологий и соблюдений требований к охране окружающей природной среды.

Топливно-энергетические ресурсы (ТЭК)— совокупность природных и произведенных энергоносителей, запасенная энергия которых при существующем уровне развития техники и технологии доступна для использования в хозяйственной деятельности.

Эффективное использование и экономное расходование ТЭР характеризуется [14] двумя группами показателей:

- показатели энергосбережения;
- показатели энергетической эффективности.
- 1. Показатели энергосбережения (используют применительно к организационной, технической, научной и экономической деятельности):
- а) фактическая экономия ТЭР, сравнительное в сопоставлении с базовым, эталонным значением сокращение потребления ТЭР на производство продукции, выполнение работ и оказание услуг установленного качества без нарушения экологических и других ограничений в соответствии с требованиями общества;
- б) снижение потерь ТЭР. Потеря ТЭР разность между количеством подведенной (первичной) и потребляемой (полезной) энергии. Потери ТЭР можно классифицировать следующим образом:
- по области возникновения (при добыче, хранении, транспортировании, переработке, преобразовании, использовании, утилизации);
  - по физическому признаку и характеру:

- потери теплоты в окружающую среду с уходящими газами, технологической продукцией, технологическими отходами, уносами материалов, химическим и физическим недожогом, охлаждающей волой и т. п.:
- потери электроэнергии в трансформаторах, дросселях, токопроводах, электродах, линия электропередач, энергоустановках и т. п.;
  - потери с утечками через неплотности;
- гидравлические потери напора при дросселировании, потери на трение при движении жидкости (пара, газа) по трубопроводам с учетом местных сопротивлений последних;
- механические потери на трение подвижных частей машин и механизмов;
- по причинам возникновения (вследствие конструктивных недостатков; в результате не оптимально выбранного технологического режима работы; в результате неправильной эксплуатации агрегатов; в разработке брака продукции и т. п.;
  - по другим причинам;
- в) снижение энергоемкости производства продукции (на предприятии) и валового внутреннего продукта (в регионе, в стране). Показатели энергосбережения различают по уровню интегрированности рассматриваемого объекта деятельности. Объектом деятельности по энергосбережению может быть определенная продукция, технологический процесс, участок, цех, производство, предприятие-потребитель энергоресурсов, регион, отрасль, субъект федерации, Российская Федерация в целом.
- 2. Показатели энергетической эффективности (используют применительно к изделиям, оборудованию, материалам и технологическим процессам):
- а) экономичность потребления ТЭР (для продукции при ее использовании по прямому функциональному назначению) количественная характеристика эксплуатационных свойств изделия, отражающих его техническое совершенство, определяемое совершенством конструкции и качеством изготовления, уровнем или степенью потребления им энергии и (или) топлива при использовании этого изделия по прямому функциональному назначению. Показатели экономичности энергопотребления индивидуальны для различных видов изделий и характеризуют совершенство конструкции данного вида изделия и качество его изготовления. В качестве показателей экономичности энергопотребления, как правило, следует выбирать удельные показатели, т. е. количество энергии или топлива, затрачиваемое машиной, ме-

ханизмом на производство единицы продукции или работы. Например, в качестве показателя экономичности энергопотребления выбирают:

- для судна удельный расход топлива при скорости... уз./сут на 100 км, не более... т мот. топл./100 км или удельный расход топлива на перевозку 1 т груза на км пути, т. е. расход топлива на ед. работы (т мот. топлива/т км: т мот. топлива/пасс. км. для бук-— для кранового оборудования — удельный расход электрозгоплива кВт·ч/т/цикл;

  — для судовой дизельной устана сира-толкача — удельный расход топлива при наибольшей тяговой мошности д. г/кВт·ч:
- нергии/топлива кВт ч/т/цикл;
- ва, среднеэксплуатационный расход топлива g, г/кВт-ч; для двигателей внутреннего сгорания — коэффициент полезного действия (КПД) при номинальной нагрузке. %:
- для линии Гутман (автоматическая линия обработки металла для корпуса судна) — удельный расход энергии еу, к т ч/цикл.

Технические нормативы расхода топлива и энергии устанавливают в виде предельных значений показателей экономичности энергопотребления при данных (регламентированных) условиях эксплуатации изделий. В качестве регламентированных условий указывают характеристики перерабатываемых материалов и сырья; описание условий (режимов) работы изделия; вид свейства произведенной продукции, описание произведенной работы, процесс передачи, трансформации или преобразования энергии

- б) энергетическая эффективность передачи (хранения) ТЭР (для продукции и процессов). Характеризует техническое совершенство продукции и качества ее изготовления и определяется качеством конструкторской и технологической проработки изделий. Показатель задается, как правило, в виде удельных значений или абсолютных потерь энергии (энергоносителя) в системе передачи энергии. Удельные показатели эффективности передачи энергии представляют собой отношение абсолютных значений потерь энергии в системе к характерным параметрам системы. В качестве характерных параметров используют:
  - расстояние, на которое передают энергию (энергоноситель);
- исходный энергетический потенциал (исходные параметры энергоносителя);
  - размерные характеристики канала передачи энергии;
- в) энергоемкость производства продукции (для процессов) величина потребления и (или) топлива на основные и вспомогательные тех-

нологические процессы изготовления продукции, выполнение работ, оказание услуг на базе заданной технологической схемы. Абсолютные значения показателей энергоемкости изготовления продукции выражаются в абсолютных значениях затрат энергоресурсов, приходящихся на единицу продукции, в качестве единиц продукции используют принятые для данного вида единицы измерения — тонны, тонно-километры, штуки и т. д.

При расходовании при изготовлении продукции различных видов топлива и энергии (ТЭР) должны устанавливаться показатели энерго емкости изготовления продукции (изделия):

- по всем видам топлива в сумме в пересчете на условное топливо;
- по всем видам энергии в сумме в пересчете к одному виду одиниц измерения;
- суммарная энергоемкость по всем видам ТЭР в сумме в пересчете на условное топливо.

При расчете значений показателей энергоемкости изготовления продукции учитывают расход ТЭР только на основные и вспомогательные процессы производства. Расход ТЭР на отолление, освещение, различные хозяйственные и прочие нужды не подлежит включению в объем затрат при подсчете значений показателей энергоемкости:

1) энергоемкость продукции УТ/ед. продукции; т УТ/руб.)

ß

$$\sum_{n=1}^{\infty} B/Q; \tag{1.1}$$

2) электроемкость продукции  $\beta_{\scriptscriptstyle{3 \text{л. II}}}$  (кВт·ч/ед. продукции, кВт·ч/руб.)

$$\beta_{\text{AH II}} = W_{\text{AH II}} / Q_{\text{r}}; \tag{1.2}$$

3) теплоемкость продукции  $\beta_{_{\text{т.п.}}}$  (Гкал/ед. продукции, Гкал/руб.)

$$\beta_{\text{ALL}} = Q_{\text{T}} / Q_{\text{T}}; \tag{1.3}$$

4) топливоемкость продукции  $\beta_{\text{топ.n}}$  (т мот. топлива/ед. прод., т мот. топлива/руб.)

$$\beta_{\text{TOR II}} = B_{\text{MOT T}} / Q_{\text{r}}, \tag{1.4}$$

иде  $\Sigma B_{_{\Gamma}}$  — полное годовое потребление топлива и всех видов энергии в пересчете на условное топливо, т УТ/год;  $W_{_{_{3л.1}}}$  — годовое потребление активной мощности, кВт·ч/год;  $Q_{_{\rm T}}$  — годовое потребление тепловой энергии, Гкал/год;  $B_{_{_{{\rm MOT}.T}}}$  — годовое потребление моторных топлив, т мот. топлива/год;  $Q_{_{\rm T}}$  — годовой объем производства, ед. прод./год., руб./год.).

Величины показателей энергоемкости, вносимые в стандарты, конструкторскую, технологическую, проектную и другую докумен-

тацию, устанавливают предельные значения энергоемкости при изготовлении изделия определенного вида в определенных технологических условиях.

В общем случае понятие «Энергоемкость» может иметь различное содержание в зависимости от степени интеграции по различным аспектам рассмотрения. Интеграция по уровням управления, например «Производственная энергоемкость изготовления продукции» — уровень предприятия, «Энергоемкость национального дохода», «Энергоемкость валового общественного продукта» — уровень федерации. Интеграция по конечной продукции — «Полная энергоемкость изготовления продукции».

Удельное значение показателей энергоемкости изготовления продукции характеризуется отношением абсолютного значения энергоемкости этой продукции к одному из показателей, отражающих основные эксплуатационные свойства изделия. Удельная энергоемкость судна, например, может характеризоваться отношением энергоемкости его изготовления к грузоподъемности судна, кВт. ч/т (показатель дает представление о прогрессивности конструкции и технологии в сравнении с аналогичными изделиями с точки зрения энергозатрат при производстве 1 т грузоподъемности подвижного состава).

Показатели энергетической эффективности продукции классифицируют по:

- а) группам однородной продукции (показатели энергоэффективности транспортной работы, работы кранового хозяйства, постройки судна, капитального, среднего, текущего ремонтов), например для ССРЗ на постройку судна конкретного проекта (кг УТ/судно);
- б) виду используемых энергоресурсов (показатели эффективности использования электроэнергии, топлива, тепловой энергии, сжатого газа и.п.);
  - в) методам определения показателей:
- расчетно-аналитический (основывается на использовании методик определения расчетных значений показателей при проектировании изделий);
- опытно-экспериментальный (основывается на данных специально организованных экспериментах с опытными образцами энергопотребляющей продукции с проведением специальных измерений характеристик для оценки показателей энергоэффективности);
- статистический (основывается на подборе и обработке статистических данных по показателям энергоэффективности продукции, выбранным в качестве прототипов исследуемого образца);

- приборный (основывается на проведении специальных испытаний промышленных образцов продукции и измерений фактических значений показателей энергоэффективности);
- смешанный (представляет собой комбинацию двух или большего числа вышеперечисленных методов):
  - г) области использования:
- фактические показатели;

  д) уровню интегрированности рассматриваемого объекта (показатели) энергоэффективности станка, производственного технологиям.

  т. п.). тели энергоэффективности станка, производственного технологическо го комплекса, системы энергосбережения предприятия, отрасли, региона и т. п.).

Перечисленные показатели эффективности использования ТЭР можно дополнить следующими:

- энерго- и электровооруженность труда (кг УТ чел., кВт ч/чел.); удельный вес затрат на ТЭР в прямых затратах предприятия (%);
- расходы на ТЭР на рубль продукции (код/руб.).

Эффективность использования ТЭР также можно охарактеризовать такими критериями, как:

- наличие системы технического внутреннего) учета и мониторинга энергопотребления;
  - периодичность контроля потребления ТЭР;
  - наличие современной системы нормирования энергообеспечения;
- наличие планов (или программ) по повышению эффективности использования ТЭР.

В связи с разнообразием продукции (работ, услуг), производимой различными предприятиями водного транспорта, сложностью сопоставления и анализа их работы в натуральном измерении, а также недостаточностью подобной статистической информации целесообразно для оценки эффективности энергоиспользования применять стоимостное и натуральное выражение потребления ТЭР и стоимостное выражение произведенной продукции (работ, услуг).

Сложности российской экономики проявляются и не столько в снижении объемов производства, взаимных неплатежах, но и в ее качественных характеристиках. В промышленной политике российских предприятий, направленной на повышение их конкурентоспособности, очевидна определяющая роль энергетики. В настоящее время в РФ энергоемкость единицы ВВП в несколько раз выше, чем в странах западной Европы, США и Японии. Данные результаты

являются свидетельством осуществления устаревшей за долгие годы промышленной политики, связанной с представлением о доступности и дешевизне энергоресурсов. Этой же политикой руководствовалось и большинство промышленно развитых стран, но топливно-энергетический кризис 1970-х гг. заставил их кардинально изменить промышленную политику в области энергопотребления, переведя ее на рельсы качественного, эффективного использования энергии.

За это время эти страны прошли следующие этапы:

это время эти страны прошли следующие этапы:

— учет на всех стадиях производства и потребления энергии;

— реконструкция систем топливоиспользования;

— энергетическая паспортизация и реконструкция объектов результате подобной «перестройки» заметно симом гии на единиту выправания в симом в с В результате подобной «перестройки» заметно снизидись затраты энергии на единицу ВВП. В странах Запада сформулирован принцип, в соответствии с которым рост производительности труда и ВВП не должен сопровождаться ростом расхода энергии Основными направлениями реализации этого принципа являются энергетический менеджмент и энергетический аудит, проводимый при серьезном государственном воздействии и регулировании. Одной из серий мер государственного воздействия являются экономическое стимулирование внедрения энергосберегающей техники и технологий.

### 1.4. Стандартизация и сертификация в области управления качеством использования энергии

## 1.4.1. Инновационные мероприятия

Инновация представляет собой, по определению И. Шумпетера, новую комбинацию известных производственных факторов. Среди различных видов инноваций выделяют технологические и нетехнологические. Последние отражают, в том числе, изменения в формах и методах управления. Технологические инновации могут быть классифицировань на инновации-продукты и инновации-процессы (классификация Ч. Фримена).

Под технологическими инновациями понимается совершенно новый или технологически значительно улучшенный продукт или процесс, который предлагается для продажи потенциальному потребителю. При этом важно отличать инновацию от изобретения, поскольку изобретение — это только идея или прототип нового продукта или процесса, и оно не превращается в инновацию до тех пор, пока не достигнет рынка. Большинство изобретений никогда не становятся

инновациями [17]. Известный западно-германский экономист Г. Менш подразделяет технологические инновации на базовые, улучшающие и псевдоинновации. К базовым относят инновации, реализация которых вызвана появлением новых отраслей промышленности или рынков сбыта. По мере развития базовые инновации превращаются в усовершенствованные (улучшающие). Когда же инновационный потенциал исчерпывается, появляющиеся на основе данной технологии инновации относятся к классу псевдоинноваций, т. е. большинство изобретений становятся псевдоинновациями.

лановятся псевдоинновациями.
Предлагаемые в настоящей монографии инновации (осущест вление требований Международного стандарта ISO 50001: 2011 «Системы энергоменеджмента» [18]) относятся как к нетехнологическим, так и к технологическим (улучшающим), потенциал которых далеко не исчерпан. К инновациям нетехнологического вида можно отнести и создание системы энергетического менеджмента на водном транспорте.

# 1.4.2. Составные элементы системы энергетического менеджмента

Основой обеспечения устойчивой и эффективной работы предприятия в условиях рынка служит конкурентоспособность, а значит стабильность требуемого качества производимой продукции. В настоящее время широко распространилась практика, когда заказчик, прежде чем заказывать продукцию, проверяет, как у поставщика организована работа по качеству и, в зависимости от результатов такой проверки, решает вопрос о возможности заключения контракта. Управление качеством четко связано со стандартизацией, поскольку стандарты являются той основной нормативной базой, в которых изложены требования к качеству, регламентирован порядок проверки и оценки качества.

Развитие экономических связей, создание единого европейского рынка, привело к возникновению глобального подхода к испытаниям и сертификации. Глобальный подход предназначен для обеспечения доверия к изготовителям, испытательным лабораториям и органам по сертификации, подтверждающим качество продукции независимо от того, в какой стране она произведена и сертифицирована.

Современная практика взаимоотношений поставщиков и заказчиков не ограничивается оценкой качества заказчиками. Такая оценка может быть сделана «третьей стороной» — независимыми специалистами по заявке заказчика или самого поставщика. Предприятие, полу-

чившее сертификат соответствия рекомендациям стандартов, например ISO 9000 [17], предъявляет его своим заказчикам, сокращая тем самым объем проверок с их стороны, включает в рекламу своей фирмы, повышая конкурентоспособность своей продукции. Интеграция энергоэффективности в текущие управленческие практики и являются целью внедрения системы энергетического менеджмента (стандарт ISO 50001). Новый международный стандарт ISO 50001:2011 «Системы энергоменеджмента. — Требования с руководством по использованию» [18] позволяет обеспечить системный подход к повышению энергетической эффективности производства продукции. Внедрение системы энергоменеджмента — это внедрение в организацию совокупности элементов системы, часть из которых являются общими с элементами системы качества (ISO 14001) [19], охраны труда, менеджмента профессионального здоровья и безопасности (OHSAS 18001).

Система энергоменеджмента — это набор взаимосвязанных друг с другом и взаимодействующих между собой элементов организации, опирающихся на энергополитику, энергоцели, процессы и процедуры, позволяющие достигать эти цели.

### Энергополитика

Высшее руководство должно принять и поддерживать актуальную энергополитику организации, гарантировать соответствие энергополитики определенным критериям. Должны быть выявлены и расположены по приоритетам энергоаспекты, которые затрагивают существенную часть общего энергопотребления, могут иметь существенное воздействие на расход энергии. Цель идентификации энергоаспектов — выявить то оборудование и процессы, которые требуют большего расхода энергии или имеют потенциал для энергосбережения. Реестр энергоаспектов должен неврерывно обновляться и периодически пересматриваться в запланированные интервалы времени. В организации должен поддерживаться в рабочем состоянии Регистр возможностей для энергосбережения, причем для каждой возможности должны быть выявлены как минимум:

энергоаспект, к которому она имеет отношение;

- требуемые действия и их стоимость;
- задачи, подлежащие выполнению, включая обязанности отдельных лиц;
  - даты выполнения задач и фактический результат.

Первым реальным шагом внедрения системы энергоменеджмента со стороны высшего руководства организации является назначение уполномоченного представителя с дополнительными функциями

энергоменеджмента. Для поднятия статуса этой управленческой фигуры можно ввести должность энергодиректора (по аналогии с директором по качеству при внедрении системы ISO 9001 [20]). Для успешной работы энергоменеджмента необходима поддержка высшего руководства, без чего работа по повышению энергетической эффективности останется на низком уровне (например, энергетический совет, возслужоы).
Следующим шагом является разработка, документирование продавательной в за энергопланирования, включающего в себя следующим — установление обязательной главляемый директором, главным инженером или начальником финансовой службы).

цесса энергопланирования, включающего в себя следующее:

- к организации;
- выполнение энергообзора (обзор энергоаспектов, анализ энергопрофиля):
  - идентификация энергобазиса:
  - установление индикаторов энергоэффективності
- определение энергоцелей, энергопоказателей и разработка планов действия в области энергоменеджмента

Процедура энергообзора подразумевает еледующее:

- а) анализ использования энергии на базе измерений, включая идентификацию существующих источников энергии, оценку прошлого и текущего энергопотребления, потенциальную оценку будущего энергопотребления:
  - б) установление областей значительного энергопотребления;
- в) расстановка по приоритетам возможностей для улучшения энергоэффективности.

Энергообзор следует производить через определенные интервалы времени, а также\в ответ на значительные изменения в производстве, оборудовании, системах или процессах. Процедура составления энергообзора может быть выполнена в процессе энергообследования (энергоаудита) или при составлении детальные карт энергопотребления, энергобалансов и т. д. Количественная величина энергопотребления за соответствующий период времени — энергобазис, именно от него и следует измерять изменения в энергетической эффективности.

Еще одним важным шагом энергопланирования является установление индикаторов энергоэффективности. Они призваны показывать реальную картину функционирования системы энергоменеджмента.

Заключительным этапом энергопланирования является определение энергоцелей, энергопоказателей и разработка планов действий в области энергоменеджмента.

Энергоцель — это желаемый результат или набор достижений, связанных с выполнением энергополитики организации. Энергоцели должны быть реалистичны, в противном случае, мотивация персонала будет низкой, а система энергоменеджмента — слабой.

Энергопоказатель — это детальное и измеримое требование энергоэффективности, применимое к организации в целом или ее части, которое следует из цели, должно быть установлено и выполнено для достижения постановлений цели.

Разработка планов действий в области энергоменеджмента — ре зультат и главный итог процесса энергопланирования. Они включают

- временные рамки реализации;
- выделение необходимых финансовых средств;
- конкретных исполнителей и распределение между ними ответственности;
  - метод оценки результатов выполнения планов.

При создании системы энергетического менеджиента организации необходимо также учитывать следующие аспекты

Человеческий фактор. Лицо, работающее для организации, или от ее имени, должно быть компетентно на основе соответствующего образования, навыков или опыта. С учетом роли, обязанностей и ответственности персонала должен быть определен уровень, характер и объем его обучения. Необходицый уровень понимания решаемых энергоменеджером задач следует обеспечить соответствующей мотивапией.

Элементы системы энергоменеджмента и их взаимодействие должны быть описаны в бумажной или электронной форме соответствующей документацией. Построение иерархии документов может быть осуществлено в соответствии с рекомендациями ГОСТ Р ИСО/ ТО 10013-2007

Организация должна гарантировать, что ее действия, которые определяют энергетическую эффективность, подвергаются мониторингу, измеряются и анализируются в запланированные интервалы времени. Функционирование системы энергоменеджмента и/или ее отдельных элементов в разных подразделениях организации должно подвергаться внутреннему аудиту, который можно условно разделить на аудиты соответствия и аудиты процессов. Результаты первого позволяют оценить соответствие системы стандартам и реализацию стандартов на практике. Второй аудит процессов управленческой деятельности позволяет оценить результат активности взаимодействия элементов системы друг с другом.

Повышение энергетической эффективности производства, достижение успехов системы энергетического менеджмента должно анализироваться руководством, для чего вся необходимая информация сводится в один документ. Заниматься подобной работой повышения энергоэффективности необходимо постоянно, в противном случае ослабление внимания руководства после сертификации системы энергоменеджмента грозит тем, что достижение поставленных в энергополитике целей так и останется на бумаге.

лак и останется на бумаге.

Международный стандарта ISO 50001 и «Энергоруководство» Работу по созданию стандарта ISO 50001 «Системы энергоменеджмента. — Требования и руководство по использованию» ведет международный технический комитет ИСО/ТК 242 «Энергоменеджмент», ориентируясь на совместимость с существующим набором стандартов других систем менеджмента. В мае 2009 г. Россия получила статус полноправного члена этого комитета. Приказом Ростехрегулирования от 09.06.2009 г. № 1985 образован отечественный комитет ТКО39 «Энергосбережение, энергетическая эффективность, энергоменеджмент». некоторыми приоритетными направлениями деятельности ко-

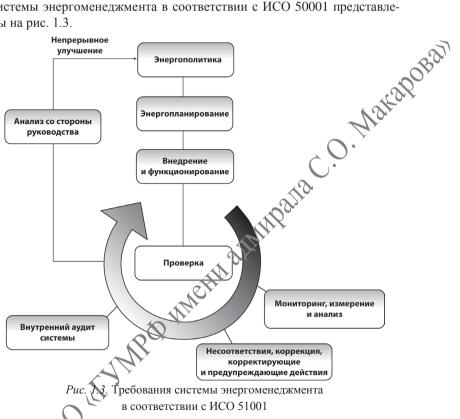
– разработка и участие в реализации планов национальной стандартизации в области энергоэффективности;

торого являются:

- формирование и участие в реализации Программ разработки
   Регламентов в области энергоэффективности;
- участие в разработке международных стандартов в области энергоэффективности (в том числе активное участие в создании ИСО 50001 и др.).

Но стандарт ИСО 50001 формулирует лишь требования, т. е. то, «что должно быть сделано». Ответ на вопрос «Как это сделано?» в конкретной организации должно дать «Энергоруководство». Энергоруководство должно описывать элементы деятельности организации, с помощью которых она намерена обеспечить выполнение требований ИСО 50001, а также какой персонал вовлечен в эту деятельность. Энергоруководство имеет методический и справочный характер. Энергоруководство предназначено для обращения к нему лиц, участвующих во внедрении и последующем функционировании системы энергоменеджмента, а также в ее аудитах — внутренних и внешних. Энергоруководство носит уникальный для каждой организации характер, позволяя сличение тех обстоятельств, которые требуются стандартом, и того, какие обязательства взяла на себя организация в качестве руководства к действию.

Используя зарубежный опыт, отечественная управленческая практика идет по пути разработки сводного энергетического руководства как главного документа для реализации энергополитики. Требования системы энергоменеджмента в соответствии с ИСО 50001 представлены на рис. 1.3.



Построение системы энергоменеджмента начинается с разработки энергетической политики организации. После внедрения системы необходим постоянный контроль ее функционирования с целью выявления возможных недостатков и проведения корректирующих мероприятий. Внедрение системы производится в несколько этапов (рис. 1.4).

Успешное внедрение системы энергоменеджмента напрямую зависит от обязательств, принятых на всех уровнях организации и относящихся ко всем ее функциям и, особенно, от «первых лиц», т. е. высшего руководства.

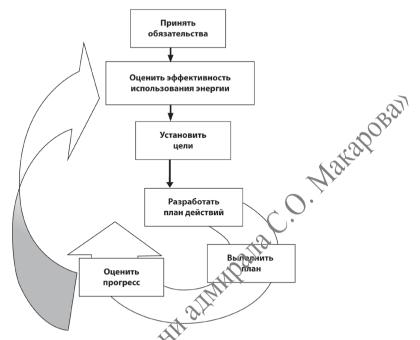


Рис. 1.4. Внедрение системы энергоменеджмента

В заключение можно сказать, что позитивный зарубежный опыт в области энергосбережения, унификации терминологии на международном уровне посредством создания международных стандартов приведет к улучшению взаимопонимания в этой области в различных странах мира, что в свою очередь, окажет позитивное влияние на энергоэффективность.

#### 1.4.3. Инновации технологического вида

Показатели ИМО [19] – [22], как и показатели энергетической эффективности в трактовке ГОСТ Р 51541-99, следует количественно снижать, что возможно как при уменьшении числителя (расхода топлива всеми судовыми потребителями), так и при увеличении знаменателя (производимой судном работы).

К инновациям, влияющим на знаменатель формулы показателя Международной морской организации (ИМО), следует отнести:

– полное использование транспортных характеристик судна — грузоподъемности, грузовместимости и т. д.;

- выбор схем наиболее рационального перемещения грузов;
- выбор оптимальных скоростей движения судна;
- оптимизацию схем и оборудования управления движением судна ит п

К инновациям, влияющим на числитель формулы показателей ИМО, следует отнести:

- судна красками, снижающими сопротивление жению;
   использование оборудования главных и вспомогательных устаж с улучшенными энергоэкологическими характеристиками:
   создание комбинированных энергетический и ставительных устажительных уста ле — окраска корпуса судна красками, снижающими сопротивление лвижению:
- новок с улучшенными энергоэкологическими характеристиками;
- бокой утилизации вторичных энергетических ресурсов для получения механической энергии, теплоты, «холода», пресной воды и проч.;
- использование нетрадиционных и альтернативных топлив (в том числе — природного газа, компримированного КПГ) и сжиженного (СПГ), синтетических спиртов, водорода и проч.). Создание энергетических установок, гибко перенастраивающихся на различные топлива;
- использование физической эксеркий газовых топлив КПГ и СПГ (эксергия состояния) в судовых энерготических установках;
- использование тепловых насосов в качестве замены вспомогательных котлов:
  - схемы использования аккумуляторов энергии;
- системы организации питания электроэнергией «с берега» во время стоянки судов;
- схемы получения твёрдого CO2 («сухого льда») из выхлопных газов энергетической установки;
  - использование фильтров-поглотителей CO2 и др.

Все подобные инновации, справедливые для транспортного флота, в полной мере могут быть использованы для технического флота ГБУВП и С, портофлота, а также для ледокольных судов, обеспечивающих либо подходы к портам и терминалам, либо ледовую проводку судов транспортного флота.

Кроме указанных инноваций могут быть предложены и иные проекты. Перечень типовых мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности обширен и приводится в ряде литературных источников.

Разделение инноваций на нетехнологические и технологические носит условный характер. Так некоторые из перечисленных иннований полностью уклалываются в элементы системы энергетического менелжмента. Ряд подобных предложений по инновациям технологического вида для судов и инфраструктуры водного транспорта будут приведены далее.

## 1.5. Предельно допустимые и реально достижимые инновации

1.5.1. Система коэффициентов полезного действия при комплексном преобразовании и использовании энергии объекта (для судна — судовой это ся общее коли Одним из определяющих факторов энергоэкологической эффективности объекта (для судна — судовой энергетической установки (СЭУ)) является общее количество использования ею топлива. Рассмотрим факторы, определяющие этот расход и пути, позволяющие снизить расход топлива при обеспечении выполнения судном требуемой работы.

Общее количество топлива, потребляемое в У, определяется как

$$B = B + B + B$$
(1.5)

где  $B_1$ ,  $B_2$ ,  $B_3$  — количество топлива, потребляемое, соответственно, главными, вспомогательными двигателями и котельной установкой судна.

В относительных величинах это уравнение имеет вид

$$X + Y + Z = 1,$$
 (1.6)

где X, У и Z — доли топлива, используемого главными и вспомогательными двигателями и котельной установкой. Значения составляющих энергетического баланса X, V, Z зависят от назначения судна, типа энергетической установки, мощности оборудования и т. д. (табл. 1.1) [2], [25].

Таблииа 1.1 Составляющие энергетического баланса дизельных судов, %

Тип судна	X	Y	Z	
Речные суда				
Грузовые	92 – 94	4 – 6	2 – 4	
Нефтеналивные	80 – 84	4 – 6	10 – 15	
Пассажирские	70 – 75	10 – 12	10 – 20	

Буксирные	94 – 96	2 - 4	2 – 4	
Ледоколы	92 – 94	3 – 5	2 – 4	
Морские суда				
Сухогрузные теплоходы	83 – 92	4 – 10	4 – 8	
Нефтеналивные	60 - 82	3 – 8	10 – 32	
Рефрижераторные	57 – 76	36 – 20	4-80	

Из табл. 1.1 видно, что основными потребителями топлива являются главные двигатели, обеспечивающие основное назначение судна — перемещение с определенной скоростью. Эта скорость обеспечивается работой движителей, затрачиваемой на преодоление сопротивления воды корпусу судна (Nдвиж). Связь между требуемой работой движителей и расходом топлива описывается уравнечием

$$B_{q}Q^{p}\eta_{KOMIJI} = 3600V_{JRBJW},$$
 (1.7)

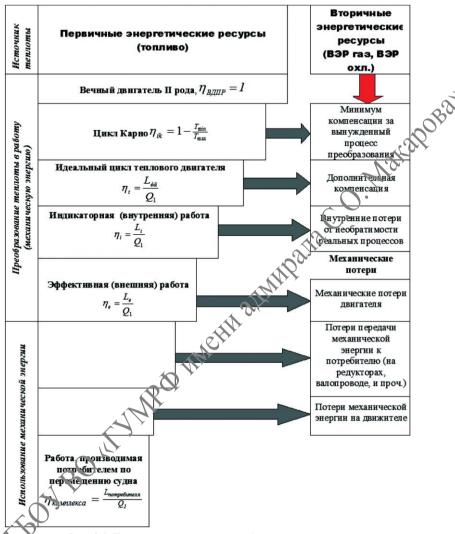
где  $B_{_{\rm q}}$  — расход топлива, кг/ч;  $Q_{_{\rm h}}^{\rm p}$  теплота сгорания топлива, кДж/кг топл.;  $\eta_{_{{\rm компл}}}$  — коэффициен полезного действия судового комплекса по производству механической энергии и передачи ее на движитель для перемещения судна.

Коэффициент полезного действия судового комплекса, как известно, определяется произведением следующих КПД [28]:

$$\underbrace{\eta}_{\text{компл}} = \eta_{i} \eta_{\text{о}i} \eta_{\text{мех}} \eta_{\text{п}} \eta_{\text{вал}} \eta_{\text{движ}} = \eta_{i} \eta_{\text{проп}},$$
(1.8)

где  $\eta$ ,  $\eta_i$  — эффективный (внешний) и индикаторный (внутренний) КПД теплового двигателя;  $\eta_{\text{проп}}$  — пропульсивный КПД, учитывающий механические потери на всех этапах передачи произведенной механической энергии;  $\eta_{\text{мех}}$  — механический КПД двигателя;  $\eta_{\text{п}}$ ,  $\eta_{\text{вал}}$  — КПД передачи (редуктора), валопровода — передачи от двигателя к движителю;  $\eta_{\text{пвиж}}$  — КПД движителя.

Схема преобразования энергии от источника теплоты до потребителя представлена на рис. 1.5.



*Puc. 1.5.* Теоретическая схема преобразования энергии от источника теплоты до потребителя

Анализ частных значений КПД показал, что потенциалы повышения энергетической эффективности судна за счет воздействия на КПД комплекса выстраиваются в следующий иерархический ряд операций:

- повышение КПД тепловых двигателей ( $\eta$  ,  $\eta$  );
- повышение КПД движителей (так, при работе на долевых режимах КПД винтов фиксированного шага резко падает);
  - использование прямых безредукторных передач на движитель.

Совместное влияние этих факторов не одинаково. Так, если повышение механической энергии (повышение  $\eta_n$  и  $\eta_{\text{вал}}$ ) на 2 % повышает КПД комплекса на те же 2 %, то повышение на 2 % КПД движителя увеличивает КПД комплекса на 4 %, а повышение какого-либо из тепловых коэффициентов на 2 % приводит к более высокому (до 5 %) увеличению КПД комплекса. Таким образом, в целях снижения расхода топлива, прежде всего, следует рассмотреть возможности повышения энергетической, а, следовательно, и экологической эффективности главных двигателей.

1.5.2. Термодинамические пределы повышения энергоэффективности теплового двигателя

Энергетическая эффективность любого теплового двигателя, как известно, может быть оценена коэффициентом полезного действия, учитывающим комплекс процессов преобразования теплоты топлива в механическую энергию и передачите к потребителю:

$$\eta = \eta \eta \eta,$$
(1.9)

где  $\eta_{r}$  и  $\eta_{oi}$  — термический КПД идеального цикла и относительный индикаторный КПД, опенивающий степень приближения реальных процессов к идеальным. Они характеризуют процессы преобразования теплоты в работу — механическую энергию. Зачастую, в научных статьях, предлагая ряд мероприятий по совершенствованию двигателей, сознательно не указывают, о повышении каких КПД идет речь и как это отразится на итоговом показателе.

Рассмотрим лишь процессы преобразования теплоты топлива в работу и возможные пределы повышения энергоэффективности этих процессов [26]. Термодинамическая эффективность тепловых двигателей определяется вторым началом термодинамики, а предел совершенствования идеальных циклов — циклом Карно, КПД которого определяется перепадом температур  $T_{\max}$  и  $T_{\min}$ . Если минимальная температура — это температура окружающей среды  $T_{\min} = T_{\rm o} = 300~{\rm K}$ , то максимальная температура рабочего тела в цикле определяется длительной жаропрочностью рабочих органов, соприкасающихся с рабочим телом. Так, максимальная температура перегретого пара в пароэнергетических установках определяется жаропрочностью паропровода от котельного

к турбинному отделению и не превышает 700 - 1000 °C. Максимальная температура газа в газотурбинных установках определяется жаропрочностью лопаток турбины, постоянно омываемых газом, и не превышает 1000 - 1300 °C.

В поршневых двигателях внутреннего сгорания рабочие органы камеры сгорания и цилиндро-поршневой группы лишь часть одного такта соприкасаются с рабочим телом, имеющим максимальную температуру и, кроме того, эти поверхности интенсивно охлаждаются. Поэтому максимальная температура рабочего тела в ДВС может быть существенно повышена. Последнее и объясняет, почему термодинамический, далеко не совершенный идеальный цикл ДВС, позволяет на практике получить более высокий эффективный КПД, чем у любых других тепловых двигателей. Тем не менее, и эти значения не очень велики и составляют 35 — 40 % для высокооборотных ДВС и 45 — 51 % — для малооборотных двигателей.

Повышение коэффициентов эффективности преобразования энергии в тепловых двигателях ищут на различных направлениях, в том числе на путях создания установок с комбинированными циклами (газо-паровые и паро-газовые), но и в газотуройнных установках со свободно поршневыми генераторами газа (СППГ), в поршневых ДВС с газотурбинным наддувом, в системах «Турбокомпаунд», объединяющих поршневые ДВС с использованием газовых турбин не только для наддува, но и для производства механической энергии на другие нужды. Особым направлением является использование вторичных энергетических ресурсов (ВЭР) в системах когенерации и тригенерации.

Рассмотрим комбинированный цикл турбопоршневого двигателя, используя для этого рабочую и тепловую диаграммы pv и Ts (рис. 1.6).

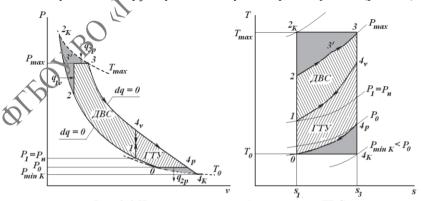


Рис. 1.6. Идеальный цикл турбопоршневого ДВС

Цикл поршневого двигателя с наддувом представлен точками 1 – 2 - 3' - 3 - 4, а цикл газотурбинной установки с изохорным подводом теплоты — точками 0 - 1 - 4 — 4 . Термодинамический предел энергетического совершенства теплового двигателя в том же интервале температур представлен циклом Карно — точки  $0 - 2_v - 3 - 4_v$ .

Анализ рис. 1.6 показывает, что существует лишь *три пути* движе-

- предесса подвода теплоты к изотермическому при  $T_{\max}$  предел площадь фигуры  $2-2_{\rm K}-3-3'$ . 2. Приближение процесса отвода теплоты к изотермическому при  $T_{\min} = T_{\rm o}$  (температуре окружающей среды) предел площадь треутольника  $0-4_{\rm p}-4_{\rm K}$ . 3. Когенерация использование отвот криволинейной традачи

При исследовании каждого направления использовались как энтропийный, так и эксергетический подходы. Результат сводился к рекомендациям добавок, например, водорода в прочессе горения, а также к проявлению эффекта «термопрессии» — повышению полного давления в устройстве испарительного охлаждения отработавших газов.

Как известно, реальные процессы являются неравновесными, необратимыми, их осуществление приводит к проявлению потерь работоспособности в тех или иных размерах, к недополучению различных выгод. Так, испытания термопрессора (путь 2) показали, что положительный эффект проявляется лимь при высоких скоростях газового потока, получение которых связано с увеличением потерь на трение, которые и «съедают» весь положительный эффект испарительного охлаждения.

Потери давления после клапанов в газовыпускном коллекторе поршневой части двигателя вынуждают ряд исследователей исключить из рассмотрения импульсную турбину, переводя подвод теплоты в ГТУ из изохорного в изобарный, ухудшая тем самым возможности установки.

Поскольку потери от всевозможных необратимостей оцениваются относительным индикаторным КПД, то всяческие комбинации различных элементов двигателей не выходят за рамки теоретических возможностей, лишь уменьшая последние. Уменьшение полезного эффекта вследствие необратимости реальных процессов может приводить к появлению новых вторичных энергетических ресурсов, например, ВЭР системы охлаждения, ВЭР теплоты, теряемой в системе смазки и проч., что может быть использовано на путях когенерации и тригенерации.

Таким образом, пределы теплотехнического совершенствования тепловых двигателей, в общем, известны. Достижение этих пределов

производится использованием ряда усовершенствований процессов, иногда, в ряде случаев, самонадеянно называемых «циклами» (например, цикл Миллера, Аткинса и др.). Тем не менее, в целях учета не только количественных, но и качественных характеристик энергии целесообразно оценить энергетическую эффективность топливоиспользования эксергетическим методом.

рактеристик энергии, оценки ее на базе двух (первого и второго) начал термодинамики, в 50-х гг. прошлого столетия было введено понятие «эксергия» или «техническая работоспособность».

Эксергией называют максимальную работу, которую может совершать система при ее переходе от данного состояния в равновесие с окружающей средой. Эксергия может иметь как положительное, так и отрицательное значения. Под отрицательной эксергией понимают минимальное количество работы, которую должна затратить система, чтобы отвести теплоту от тела с данной температурой («отрицательной») в окружающую среду.

Основополагающая идея эксертегического метода заключается во введении, наряду с всеобщим понятием «энергии», дополнительного показателя эксергии, который и учитывает разную ценность энергии для практического использования, помогает исключить часто встречающиеся ошибки, связанные с игнорированием качественной стороны энергетических превращений. Эксергетический метод целесообразно использовать для технических систем, в которых существенное место занимают энергетические превращения, изучаемые с применением Второго начала термодинамики.

Энергетический баланс, составляемый на базе первого начала термодинамики, по природе своей не может отражать потери от необратимости процессов. Эксергетический баланс во всех случаях показывает потери от необратимости в системе. Термины «потеря энергии» и «потеря эксергии» имеют принципиально разное содержание. Первый озиачает потерю энергии для данной цели, второй означает полное исчезновение эксергии, т. е. ее уничтожение, связанное с диссипацией (рассеянием) энергии.

Кроме полной картины превращения энергии в технических системах эксергетический баланс дает возможность установить предельные значения для получения заданного результата, тем самым выявить реальные технические возможности совершенствования оборудования, задать научно обоснованные масштабы для сравнения характеристик имеющейся системы с идеальными и реально достижимыми для данного уровня техники и технологии.

Анализ технических систем на основе эксергетического баланса возможен на всех стадиях проектирования и производства. Считают, что при выборе основных принципов процесса возможно определить 40 % потерь, при проектировании — еще 40 %. Таким образом, примерно на 80 % потерь на этапе производства воздействовать уже не возможно. Поэтому эксергетический анализ имеет особенно большое значение на стадиях эскизной проработки и проектирования когда, благодаря этому анализу, можно решать многие инженерные и экономические задачи.

1.5.4. Концепция предельно эффективной технологии как основы для выбора технической политики в области технологии судового топливоих дльзования

Одним из главных направлений реализации оптимальной стратегии развития энергетики является всемерное развитие энергосбережения. Применительно к водному транспорту энергосбережение должно развиваться в направлении значительного повышения эффективности судового топливоиспользования.

Специфическими особенностями судовых энергетических установок является сравнительно широкий диапазон мощностей дизельных двигателей (для речных судов — от 60 до 3000 кВт) и автономности плавания судов (от 0.5 до 20 сут), сравнительно небольшие размеры машинного отделения, отсутствие свободных площадей для расположения дополнительных емкостей для хранения топлива, относительно низкие строительные стоимости судов, дистанционно-автоматизированное управление СЭУ, совмещение профессий членами экипажа ограничение членов машинной команды и отсутствие зачастую постоянной вахты в машинном отделении, большое число пусков и реверсов дизелей, длительная эксплуатация их на долевых нагрузках, наличие в СЭУ как правило дизелей различных классов (среднеоборотных главных и высокооборотных вспомогательных, предъявляющих различные требования к топливу), недопустимость бункеровки судов топливом с температурой вспышки ниже 61 °C, отсутствие, как правило, пара для разогрева топлива и снижения его вязкости, бункеровка судов топливом с плавучих бункерстанций и связанные с этим специфические особенности хранения топлива и его очистки и т. п.

Прогнозирование использования перспективных топлив в СЭУ, определение технико-экономических показателей (ТЭП) будущих процессов топливоиспользования при недостаточной определенности исходных данных в этих условиях требует поиска объективных методов расчета, создания своеобразного мостика между оценкой степени совершенства технологии топливоиспользования в современных и перспективных СЭУ и ТЭП этих процессов. Методологической базой нахождения этих методов расчета может служить концепция предельно эффективной технологии (ПЭТ) топливоиспользования [27], [28].

Предельная эффективность использования первичных энергоресурсов (топлива) в СЭУ определяется идеальными термодинамическими соотношениями процессов преобразования и передачи энергии

$$\eta_{\text{C2V}}^{\text{II3T}} = \eta_{\text{C2V}}^{\text{reop}}.$$
 (1.10)

Реально достижимая технология (РДТ) топливоиспользования может быть охарактеризована максимально возможным коэффициентом полезного действия (КПД) СЭУ

$$\eta_{\rm COY}^{\rm PДT} = \eta_{\rm COY}^{\rm max}. \tag{1.11}$$

Степень необратимости протекания реальных процессов преобразования и передачи энергии по отношению к идеальным термодинамическим процессам оценивается отношением показателей РДТ и ПЭТ

$$\eta'_{\scriptscriptstyle \rm OTH} = \eta^{\rm PJT}_{\scriptscriptstyle \rm CDY} \cdot \eta^{\rm ITST}_{\scriptscriptstyle \rm CSY} = \eta^{\rm max}_{\scriptscriptstyle \rm CSY}/\eta^{\rm reop}_{\scriptscriptstyle \rm CSY}. \tag{1.12}$$

Степень совершенства существующей (действующей) или предлагаемой схемы (технологии) топливоиспользования в реальной или проектируемой СЭУ может быть оценена величиной КПД СЭУ  $\eta_{\text{СЭУ}}^{\Pi T}$  и степенью его приближения к показателям РДТ и ПЭТ:

$$\eta_{\text{отн}} = \eta_{\text{COy}}^{\text{ДТ}} / \eta_{\text{COy}}^{\text{РДТ}}; \eta_{\text{отн}}'' = \eta_{\text{COy}}^{\text{ДТ}} / \eta_{\text{COy}}^{\text{ПЭТ}}.$$
(1.13)

Концепция ПЭТ позволяет дать перечень условий эффективности как существующих, так и новых схем топливоиспользования.

Оценка теплотехнической эффективности теплоэнергетических установок в настоящее время производится в основном методом тепловых балансов, основанном на первом законе термодинамики. До последнего времени, когда нефть была дешева, можно было ограничиваться понятием «энергия» в рамках первого закона термодинамики, т. е. независимо от ее потенциала. Сейчас, однако, известно, что одной из наиболее эффективных энергосберегающих технологий является совместная выработка механической энергии и низко- или среднепотен-

циальной теплоты. Энергосберегающей будет и та технология, которая позволит дать для потребителя то же количество теплоты, но при более низком потенциале. Таким образом, оценку теплотехнической эффективности технологии использования топлива следует вести в рамках второго закона термодинамики.

Неравноценность механической и тепловой энергии, используемых в СЭУ, малая пригодность метода тепловых балансов для сравнения ЭУ судов различных типов и раньше вызвала попытки разработать методы, основанные на втором законе термодинамики. Наиболее удоб ным из этих методов является эксергетический метод. Однако из-за не достаточной разработанности он не нашел пока еще широкого использования в инженерной практике.

Энергия в форме теплового потока при температуре выше температуры окружающей среды (T > T) всегда может быть разделена на эксергию  $ex_a$  и анергию  $a_a$ , причем соотношение между ними в каждом случае строго определенно и зависит от температурых

$$q = ex_a + a_a; (1.14)$$

$$q = ex_{a} / q = \tau_{a} = 1 - T_{a} T_{b},$$
 (1.15)

 $q=ex_{_{q}}+a_{_{q}}; \tag{1.14}$   $q=ex_{_{q}}/q=\tau_{_{e}}=1-T_{_{e}}T, \tag{1.15}$  где  $\tau_{_{e}}$  — эксергетическая температурная функция, равная КПД цикла Карно.

При любом преобразовании эксргии справедлив закон ее сохранения: сумма эксергии и анергии остается постоянной.

В теплоэнергетических отановках, предназначенных для преобразования теплоты в работу значение имеет только эксергия, а анергия представляет нежелательный балласт. Для получения эксергии необходимы ценные природные ресурсы, эксергия имеет стоимость и именно ее расходование в народном хозяйстве должно быть возможно более экономным. Анергия тепла, напротив, имеется всегда в неограниченном количестве в окружающей среде и ее ценность равна нулю. Переход эксергии в анергию сопровождает всякий реальный необратимый процесс (обесценивание энергии). Обратный переход анергии в эксергию невозможен.

При оценке эффективности топливоиспользования в СЭУ по энергетическому или эксергетическому балансам было принято, что расчет — отношение полезного эффекта к расходам на проведение процесса — одинаков, однако способы расчета числителя и знаменателя различны.

При расчете КПД СЭУ по энергетическому балансу не учитывается различие в качестве видов энергии и способов ее проявления. В связи с этим полученный таким образом КПД СЭУ является показателем, позволяющим сравнивать одинаковые процессы, но не определяющим степени совершенства процесса. Эксергетический КПД дает такую возможность

Практическое преимущество использования понятия эксергия состоит в том, что ее уменьшение выражает сразу величину превратимой энергии и позволяет сопоставить величину потерь с имеющимся количеством, т. е. получить как абсолютную, так и относительную величину

Эксергетический КПД теплоиспользующей установки определатак ся как

ся как 
$$\eta = \frac{\sum_{ex} Ex_{_{\rm HCII}}}{\sum_{ex} Ex_{_{\rm pacii}}} = 1 - \frac{\sum_{ex} \Delta Ex_{_{\rm nor}}}{\sum_{ex} Ex_{_{\rm pacii}}}, \tag{1.16}$$
 где  $\sum_{ex} Ex_{_{\rm HCII}}$  — полезно использованная эксергия;  $\sum_{ex} Ex_{_{\rm pacii}}$  — располагае-

мая эксергия;  $\sum \Delta Ex_{\text{пот}}$  — потери эксергии в элементах установки.

Предельно эффективное (теоретическое) использование теплоты в

ЭУ возможно при  $\sum Ex_{_{\rm псп}} = \sum Ex_{_{\rm pacn}}$ , т. е. при  $\eta^{_{\rm TQ}}$  Для определения показателей РДТ тогы и воиспользования составим тепловой и эксергетический балансы ДВС и СЭУ. При составлении эксергетических балансов за располагаемую эксергию ранее принимали химически связанную теплоту топлина, расходуемую на судне:

$$\sum Ex_{\text{pach}} = B Q^{\text{H}} + B Q^{\text{H}} + B Q^{\text{H}}_{p2} + B Q^{\text{H}}_{3p3}, \qquad (1.17)$$

 $\sum Ex_{\text{расл}} = B \bigcup_{p_1}^{\text{H}} + B \bigcup_{p_2}^{\text{H}} + B \bigcup_{p_3}^{\text{H}} + B \bigcup_{p_3}^{\text{H}}, \qquad (1.17)$  где  $B_1, B_2, B_3$  — часовые расходы топлив в главных и вспомогательных двигателях и топливных котлах;  $Q_{p_1}^{\text{H}}, Q_{p_2}^{\text{H}}, Q_{p_3}^{\text{H}}$  — теплота сгорания топлив, используемых в них.

Такое представление располагаемой эксергии, справедливое для жидких топлив, использовавшихся в СЭУ, не учитывает возможное повышение физической эксергии новых топлив, поступающих на судно при параметрах, отличных от параметров окружающей среды (компримированный природный газ, сжиженный природный газ и пр.). Отсутствие учета потерь эксергии от необратимости процесса сгорания топлива в различных элементах СЭУ приводит к снижению возможноти использования эксергетического метода оценки топливоиспользования в СЭУ.

Строгое определение располагаемой эксергии должно проводиться таким образом, чтобы учесть всю работу, которая может быть получена при обратимом переходе топлива в продукты сгорания и затем при переходе этих продуктов сгорания к равновесию с окружающей средой.

Эксергия пролуктов сгорания топлива зависит не только от химической эксергии топлива, но и от эксергии окислителя, а также от условий процесса сгорания — температуры и давления окислителя, его состава и концентрации. Существует ряд номограмм для определения эксергии продуктов сгорания некоторых топлив. Необратимость процессов сгорания топлива может быть охарактеризована эксергетическим КПД

процесса,  $\eta_{ex}$  составляющим следующие величины:  $\eta_{ex}^{\text{гор}} = 0,45-0,7$  — для промышленных печей, котельных и котлоагрегатов;  $\eta_{ex}^{\text{гор}} = 0,55-0,6$  — для газовых турбин;  $\eta_{ex}^{\text{гор}} = 0,6-0,72$  — для дизелей;

$$\eta^{\text{rop}} = 0.55 - 0.6$$
 — для газовых турбин;

$$\eta_{ar}^{rop} = 0,6 - 0,72$$
 — для дизелей;

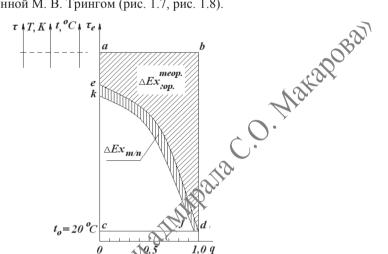
 $\eta_{\rm ar}^{\rm rop} = 0.85 - 0.9$  — для МГД-генераторов, где температура сгорания может достигать 3000 К.

Для парогенераторов обычно к потерям эксергий в процессе сгорания топлива добавляют потери эксергии вследствие необратимой теплопередачи от газов к рабочему телу, например к воде. Эксергетический КПД современных парогенераторов характеризуется величинами  $\eta_{\rm ar}^{\Pi\Gamma} = 0.42 - 0.52.$ 

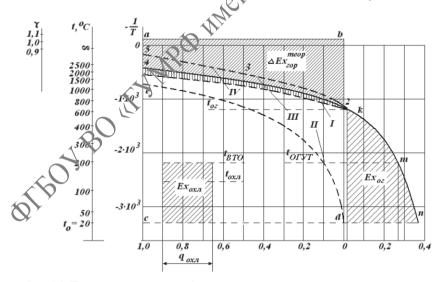
Произведем эксергетический анализ процесса сгорания топлива и поиск путей снижения потерь эксергии от необратимости этого процесса. Процесс сгорания почти всегда связан с отдачей теплоты, поэтому одновременно проявляется, по крайней мере, два необратимых явления: необратимая химическая реакция и необратимый теплообмен. При анализе этих явлений используются различные методы. Одним из них может быть метод разделения, предполагающий изучение первоначально химической реакции горения и последующего процесса теплообмена.

В сложных термодинамических системах, в которых протекают химические реакции, фазовые перехода и проч., термодинамические процессы протекают при двух постоянных параметрах в отличие от простых систем, где процессы рассматривают при постоянстве одного параметра. В связи с этим химическую реакцию горения топлива можно рассматривать как изохорно-изоэнтропный или изобарно-изоэнтропный процессы. Тогда процесс сгорания в топках котельных установок рассматривают как изобарно-изоэнтропный подвод теплоты с последующим необратимым переносом теплоты (излучением и конвенцией) от газов к воде. Процесс горения топлива в цилиндре ДВС можно представить как изохорно-изоэнтропный (в карбюраторных), а затем изобарно-изоэнтропный (в дизельных двигателях) подвод теплоты и последующий теплообмен продуктов сгорания со стенками рабочей камеры.

Тепловые процессы, позволяющие оценить потери эксергии, в том числе и при сгорании топлива, удобно рассматривать в системе координат  $\tau - q$ , введенной М. В. Трингом (рис. 1.7, рис. 1.8).



0  $\sqrt{5}$  1.0 q - 0 0.5 1.0 q - 0.5 1.7. Анализ процесса сжиганти топлива в диаграмме  $\tau$  - 0



*Рис. 1.8.* Потери эксергии от необратимости процесса сгорания топлива в дизеле. Эксергия вторичных энергоресурсов

По оси абсцисс откладывают значения составляющих энергетического баланса, отнесенные к единице массы сжигаемого топлива. По оси ординат кроме эксергетической температурной функции могут откладываться величины 1/T, значения температуры продуктов сгорания t, °C, а также отношение величины химической эксергии топлива к теплоте сгорания топлива  $\tau = Ex_a / Q_b^n$ .

При равенстве химической эксергии топлива теплоте его сгорания ( $\tau = 1$ ) площадь между линиями a - b и c - d (при t = 20 °C) показывает величину химической эксергии топлива Ex.

Ордината точки е соответствует температуре изоэнтропного (адиабатного) горения. Температура изоэнтропного горения подсчитывается из уравнения энергетического баланса в расчете на 1 кг топлива по формуле

$$t'' = \frac{Q^{\frac{H}{2}} + Mct + Mct}{\sum_{m=0}^{T-T-T} M''c''}, \qquad (1.18)$$

где M, M, t, t — массы и температуры топлива и воздуха (M = 1); c, c — массовые удельные теплоемкости топлива и воздуха, кДж/кг·К; M — масса продуктов сгорания топлива от;  $\overline{c}$  — средняя массовая удельная теплоемкость компонентов иродуктов сгорания, в интервале температур [0 — t"], кДж/кг·К.

Если нанести на график кривую e-d (см. рис. 1.7) изменения температуры продуктов сгорания при их охлаждении до температуры окружающей среды, то площадь edc покажет эксергию продуктов сгорания, а площадь abde — потерю эксергии вследствие изоэнтропного горения топлива  $\Delta Ex_{\rm rop}^{\rm reop}$ .

Если нанести на график кривую k-f изменения температуры рабочего тела (воды и водяного пара в котле, действительную температуру газа в процессе сгорания в цилиндре ДВС и проч.), то можно определить действительную эксергию рабочего тела (площадь kcf) и потерю эксергии вследствие необратимости процесса теплопередачи (площадь edfk).

Отношение соответствующих площадей покажут эксергетические КИД рассмотренных процессов. Так значение эксергетического КПД процесса сгорания топлива определится как  $\eta_{ex}^{rop} = \frac{\text{пл. } kfc}{\text{пл. } abdfk}$ .

Анализ процесса сгорания топлива в координатах  $\tau_e - q$ . позволяет установить, что теоретические потери энергии в процессе изоэнтропного подвода теплоты во многом зависят от хода кривой изменения тем-

пературы процесса сгорания топлива. Факторы, влияющие на снижение потерь эксергии, можно установить путем анализа формулы температуры изоэнтропного горения. Эта температура зависит от теплоты сгорания топлива, от соотношения между массами воздуха и топлива (коэффициента избытка воздуха), температуры подогрева воздуха и топлива, а также от условий (изохорно- или изобарно-изоэнтропного) выгорания топлива.

Повышение коэффициента избытка воздуха  $\alpha$  снижает величину t'' и увеличивает необратимость процесса горения топлива. Для неизменных условий смесеобразования  $M_{_{\rm B}} > M_{_{\rm T}}$  примерно в 15 (при  $\alpha=1$ ) и белее раз (при  $\alpha>1$ ), подогрев топлива скажется менее ощутимо на повышении хода кривой изменения температуры горения, чем начальный подогрев воздуха.

На рис. 1.8 представлен график, иллюстрирующий возможности снижения потерь эксергии в процессе сгорания топлива в дизеле. При одинаковом характере выгорания топлива повышение начальной температуры воздуха за счет сжатия в цилиндре ДВС (линия I) заметно повышает как t'', так и ход кривой температуры продуктов сгорания по сравнению с неподогретым воздухом (линия II) и уменьшает тем самым потери от необратимости. Действительная линия температуры горения (III) построена пересчетом индикаторной диаграммы процесса горения (см. рис. 1.8) с использованием уравнения состояния идеального газа. Площадь между линиями III перестроенной индикаторной диаграммы и 2-3-4 изменения теоретической температуры горения будет характеризовать потерю эксергии вследствие необратимого теплообмена при горении.

График Тринга удобно использовать и при оценке эксергии вторичных энергетических ресурсов. Так по температуре отходящих газов  $t_{\rm or}$  на линии Гможно найти точку k. Площадь графика под линией КТП характеризует эксергию отходящих газов  $Ex_{\rm or}^{\rm max}$ .

Возможности использования эксергии отходящих газов в различных утилизационных устройствах ограничиваются минимальной температурой

$$t_{\text{or.yT}}^{\text{min}} = t_{\text{p}} + \Delta t_{u}, \tag{1.19}$$

где  $\Delta t_u$  — температурный напор между теплоносителями,  $\Delta t_u \geq 25$  °C;  $t_p$  — температура точки росы, рассчитываемая по эмпирической формуле

$$t_{\rm p} = t_{\rm s}^{\rm r} + 98.5\sqrt[3]{S_p};$$
 (1.20)

 $t_{\rm s}^{\scriptscriptstyle \Gamma}$  — температура конденсации водяных паров, соответствующая их парциальному давлению в отходящих газах, °C;  $S_{\rm p}$  — массовая доля серы в топливе.

Таким образом, наличие серы в топливе снижает возможности использования эксергии отходящих газов до  $Ex_{_{\rm от}}$  (площадь под линией k-m).

Эксергия охлаждающей среды также может быть условно представлена на графике Тринга. Величина этой эксергии  $Ex_{\text{охл}}$  может быть значительно повышена при использовании систем высокотемпературного охлаждения ДВС.

Представление процесса сгорания топлива в координатах  $\mathbf{r} - q$  может быть использовано для оценки пороговых значений целей и последующего ранжирования не только применительно к использованию новых топлив на вновь проектируемых судах, но и к рассмотрению целей экономии топлива на действующих объектах ограсли. Перевод СЭУ на тяжелые сорта топлив, обладающих несколько меньшей, чем дизельные топлива теплотой сгорания, при прочих равных условиях уменьшает изоэнтропную температуру горения, заведомо увеличивая эксергетические потери в процессе горения. Перевод СЭУ на топливные смеси лишь несколько уменьшает эки негативные явления. Полная их ликвидация может быть достигную повышением температуры воздуха в цилиндре ДВС к началу процесса горения.

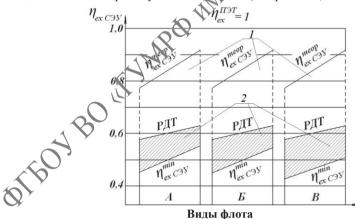
Более заметное и технически более просто осуществимое воздействие на повышение температуры горения может оказать использование высококалорийных присадок к топливу и в том числе — водорода и его носителей. Так добавка водорода в количестве  $\sim 1$  % от массы топлива приводит к добавка водорода в количестве  $\sim 1$  % от массы топлива приводит к добавка водорода в цилиндр ДВС влияет на степень приближения реального процесса горения к теоретическому (см. рис. 1.8). Увеличение эффективности процесса горения может быть получено также обогащением воздуха кислородом (линия IV — см. рис. 1.8) когда температура горения повышается до температуры в точке 5. Так, наличие окислителя в многофункциональной присадке к топливу может снизить негативное влияние снижения теплоты сгорания тяжелых топлив.

Позитивный эффект использования водотопливных эмульсий ВТЭ при работе с тяжелыми нефтяными топливами может быть объяснен проявлением нескольких эффектов: увеличение потерь эксергии при сгорании топлива из-за затраты теплоты на испарение воды ВТЭ и одновременное увеличение эксергии продуктов сгорания за счет потенци-

альной энергии давления водяных паров, а также некоторое снижение потерь эксергии в процессе необратимого теплообмена.

Графическое представление эксергии топлива и потеря ее в процессе горения в диаграмме  $\tau_e - q$  позволяет дать своеобразное трактование известных процессов, происходящих при переводе СЭУ на тяжелые топлива, топливные смеси, ВТЭ и присадки к топливам. Количественные расхождения между оценками «веса» каждой из указанных целей невелики. Одновременно с помощью таких графиков можно количественно и наглядно оценить эксергию всех вторичных энергоресурсов в СЭУ, что является важным резервом в повышении энергосбережения на судах.

На рис. 1.9 представлены области потенциальных возможностей совершенствования топливоиспользования в СЭУ как за счет улучшения процесса сгорания топлива, так и за счет использования вторичных энергоресурсов. Ориентировочные значения показателей реально достижимой технологии топливоиспользования — величны максимальных значений эксергетических КОД СЭУ, составляют  $\eta_{\rm ex.COY}^{\rm max} = 0,565 - 0,64$ . Определяющим фактором при этом является теплотехническое совершенство (эксергетический КПД) главных двигателей. Ориентировочные значения минимальных эксергетических КПД СЭУ зависят от составляющих энергетического баланса X, Y, Z и для некоторых судов составляющих энергетического баланса X,



Puc. 1.9. Возможности совершенствования топливоиспользования на речных судах.

A — грузовой и буксирный флот, B — нефтеналивной, B — пассажирский флот. I — совершенствование сгорания топлива,

2 — использование вторичных энергоресурсов

для грузовых и буксирных судов

$$\eta_{\text{ex.C} \rightarrow \text{Y}}^{\text{min}} = 0,48 - 0,56, \quad \overline{\eta}_{\text{oth}} = \frac{\eta_{\text{ex}}}{\eta_{\text{rev}}^{\text{reop}}} = 0,85 - 0,87;$$
(1.21)

- лля нефтеналивных судов

$$\eta_{\text{ex.CЭУ}}^{\text{min}} = 0,43 - 0,54, \quad \overline{\eta}_{\text{oth}} = \frac{\eta_{\text{ex}}}{\eta^{\text{reop}}} = 0,76 - 0,84;$$
(1.22)

$$\eta_{\text{ex.CЭУ}}^{\text{min}} = 0,45 - 0,55, \quad \overline{\eta}_{\text{oth}} = \frac{\eta_{ex}}{\eta_{\text{reop}}^{\text{reop}}} = 0,80 - 0,86.$$
(1.23)

 $\eta_{\rm ex,COy}=0.45-0.55, \quad \bar{\eta}_{\rm ort}=\frac{\eta_{\rm ex}}{\eta_{\rm ex}^{\rm reop}}=0.80-0.86.$  (1.23) Т. е. возможности совершенствования топливоиспользования нет осуществления различных схем утилизации на судах достаточики. Эти возможности повышения КПД СЭУ пистых судов представлены заштому СТаким образом за счет осуществления различных схем утилизации на судах достаточно велики. Эти возможности повышения КПЛ СЭУ для различных групп речных судов представлены заштрихованной областью (см. рис. 1.9).

зования теплоты сгорания топлива в механическую энергию (работу) до последующего использования ее по назначению на судне позволила построить приоритетный ряд направлений повышения КПД комплекса — повышение КПД двигателя; повышение пропульсивного КПД движительно-рулевого комплекса; снижение потерь при подаче энергии от двигателя к движителю:

- анализ топливно-энергетического баланса судов различного типа и вида флота показал определяющую роль главных двигателей в потреблении топлива:
- при оценке возможностей повышения КПД тепловых двигателей применялись два подхода — тепловой, основанный на первом начале термодинамики (количественный) и эксергетического (качественный), основанный как на первом, так и на втором законах термодинамики. Эксергетический подход позволяет не только указать места наибольшей потери работы в процессах преобразования теплоты, но и оценить ценность вторичных энергетических ресурсов для производства работы;

термодинамическим пределом совершенствования циклов теплового двигателя является цикл Карно, КПД которого определяется перепадом максимальной и минимальной температур. Как известно, максимальная температура рабочего тела определяется длительной жаропрочностью рабочих органов двигателя и редко превышает 2500 -3000 К. Минимальная температура рабочего тела в реальном цикле определяется температурой отработавших газов. Идеальные циклы реальных двигателей (Тринклера – Саботэ, Отто) хуже цикла Карно в том

же интервале температур, а индикаторные диаграммы этих двигателей дополнительно увеличивают потери из-за необратимости реальных процессов по сравнению с идеальными. Наибольшая потеря работы, а следовательно, снижение реального КПД, определяется потерями реального процесса горения топлива. Попытки «улучшить» процесс сгорания топлива за счет различных способов интенсификации могут несколько повысить КПД, но возможности этого невелики. Способы реальных воздействий на отдельные процессы известных теоретических циклов, иногда безапелляционно называемые не диаграммами, а циклами (Миллера, Аткинса), имеют возможности несколько повысить эффективный КПД двигателя, но возможности их невелики;

- повышение температурного уровня сгорания топлива, например, в адиабатных двигателях, несколько повышая теплотехническое совершенство двигателей, повышает одновременно температуру отработавших газов (эксергетические характеристики вторичных энергоресурсов (ВЭР)) и ухудшает экологические характеристики за счет большего образования оксидов азота:
- эффективность использования топлива может быть оценена с использованием концепции предельной эффективности ПЭТ и реально достижимой эффективности топливоискользования РДТ. Предельно эффективное использование топлива определяется идеальными термодинамическими соотношениями процессов преобразования энергии. Реально достижимая технология топливоиспользования может быть охарактеризована максимально возможным КПД. Степень совершенства существующей или предлагаемой схемы (технологии) топливоиспользования может быть оценена степенью приближения действительного КПД к показателям РДТ и ПЭТ;
- теплотехническое совершенство тепловых двигателей имеет объективные пределы, пути достижения которых известны, а пределы не велики, их пытаются достичь различными способами. Теоретический предел реально достижимых технологий топливочиспользования может быть установлен как значение термического КПД идеального цикла с изобарно-изотермическим подводом и отводом теплоты в пределах не только допустимых реально интервамах абсолютных температур, но и абсолютных давлений [28]. Одним из направлений является попытка уменьшения потери эксергии от необратимости процесса сгорания топлива. Другим, достаточно слабо используемым источником повышения эффективности топливоиспользования в двигателе, является использование вторичных энергоресурсов в системах когенерации и тригенерации (глубокой

утилизации теплоты) для замещения вспомогательных двигателей судовой электростанции и вспомогательных котлов утилизационными. Это направление повышения энергетической эффективности топливоиспользования в СЭУ, в том числе и в нетралиционных схемах, имеет большой, далеко не использованный потенциал.

# MakapoBar 1.6. Экономическая целесообразность финансовых вложений в повышение энергетической эффективности

1.6.1. Финансово-экономический механизм энергосбережения. Источники инвестииий

С переходом России на рыночные отношения наблюдается острый дефицит источников финансирования, что связано, в цервую очередь, с обшим экономическим кризисом.

Инвестиции в энергосбережение относятся к группе капитальных вложений (реальных или физических) инвестиций. В Постановлении Правительства РФ от 21.03.94 г. № 220 «Об утверждении временного положения о финансировании и кредитовании капитального строительства на территории РФ» сказано, что капитальные вложения могут финансироваться за счет:

- собственных финансовых ресурсов;
- заемных финансовых ресурсов;
- привлеченных финансовых средств;
- бюджетных средств.
- средств иностранных инвесторов;
- других финансовых средств.

### Собственные финансовые ресурсы

Самыми надежными являются собственные источники финансирования — это чистая прибыль и амортизационные отчисления. В настоящее время собственные источники являются не только основными, но и можно сказать, единственными. По данным журнала «Инвестиции в России» №10 2000 г., доля источника финансирования «собственные редства» составила 78 % от общего объема финансирования капитальных вложений в 2000 г. Однако ввод нового налогового законодательства, предполагающего снижение ставки налога на прибыль, но одновременно и отмену существующих льгот, привел к резкому снижению объемов средств, остающихся в распоряжении предприятий и направляемых на развитие, в том числе на финансирование энергосберегающих проектов.

Преимущество амортизационных отчислений как источника инвестиций по сравнению с другими источниками заключается в том, что при любом финансовом положении предприятия этот источник имеет место и всегда остается в распоряжении предприятия. Однако, если во времена централизованно-плановой экономики амортизационные отчисления накапливались в специальном фонде с целью последующего воспроизводства основных производственных фондов, то сегодня, ввиду большой инфляции, накапливать денежные средства в течение всего нормативного срока службы неэффективно и бессмысленно. Поэтому амортизацию онные отчисления используются сразу по мере их начисления.

На сегодняшний день амортизационные отчисления предприятия могут направлять на различные цели. По данным журнала «Инвестиции в России» № 10 2000 г., на капитальные вложения (а значит, и на энергоэффективность) в настоящее время используются только 25 − 40 % начисляемой амортизации. Таким образом, в сложившейся экономической ситуации у предприятия при хороших обстоятельствах остается собственных средств лишь на финансирование малозатратных и в редких случаях среднезатратных проектов, что не дает возможности решить кардинально проблему модернизации в том числе энергоэффективности) предприятия и народного хозяйства.

#### Заемные финансовые ресурсы

Одним из важнейших ресурсов, мобилизуемых на финансовом рынке, является банковский кредит. На сегодняшний день доля кредитования в общем объеме источников финансирования не велика и составила 5 % в 2000 г. Это связано со многими причинами: общая экономическая нестабильность, высокая инфляция (20,2 % за 2000 г.) и высокие процентные ставки, превышающие уровень доходности многих предприятий (30 + 35 %). Основными недостатками системы коммерческого кредитования на сегодняшний день являются:

- система предпочтений, в соответствии с которой шансы на получение кредита значительно выше у предприятий торговой сферы, чем у производственной, за счет более высоких темпов оборачиваемости капитала, а следовательно, и более высокого уровня отдачи на вложенный капитал;
- нежелание большинства инвестиционных институтов связывать значительный капитал на длительное время, а значит, и нежелание выдавать долгосрочные кредиты (на сегодняшний день средний срок кредитования колеблется в пределах 6 мес.);
- ставка процента по кредитам, которая делает недоступным этот источник заёмного капитала для большинства предприятий, поскольку

в данномслучаеценаприменяемогокапиталастановитсядляпредприятия слишком высокой, что приводит к неустойчивости его финансового положения (в среднем 30-35 % годовых, в то время, как мировой банковский процент в среднем 6-8 %).

К перечисленным барьерам добавляются барьеры, связанные с особенностями энергосберегающих проектов:

- банки не привыкли к рассмотрению проектов, генерирующих не доход, а экономию, и испытывают трудности с определением базы возврата;
- стоимостные масштабы энергоэффективных проектов, как правило, много меньше, чем у проектов энергетического строительства. Крупные финансовые институты не могут эффективно управлять мелкими (менее \$10 млн) проектами. Мелкие не рискуют вкладывать средства в проекты со сроками окупаемости более шести месяцев;
- серьёзной проблемой при привлечении кредитных ресурсов является поиск залога или поручителя. Миннауки и Минтопэнерго в соответствии с Постановлением Правительства РС от 12.10.95 г. № 998 вправе выступать в качестве поручителей по обязательствам, связанным с возмещением затрат при реализации энергоэффективных проектов в демонстрационной зоне, но ввиду неразработанности механизма возврата, редкая государственная организация на это пойдёт.

#### Привлеченные средства

Финансовые средства можно привлечь и на рынке ценных бумаг. В развитых странах доля привлечения инвестиций при помощи выпуска ценных бумаг (акций и облигаций) в объеме инвестиций растет. Подобный способ привлечения финансовых ресурсов весьма популярен в развитых странах. В России, на сегодняшний день, привлечь финансовые ресурсы в реальный сектор подобным образом практически невозможно. Это объясняется неразвитостью и ослабленным состоянием после носледнего кризиса фондового отдела ММВБ. По данным журнала «Инвестиции в России» №10 2000 г., доля эмиссии в общем объеме инвестиций в реальный сектор за 2000 г. составила около 0,2 %. Если какое-то предприятия и осуществляет дополнительную эмиссию ценных бумаг, то лишь с целью передела собственности.

#### Бюджетное финансирование

Посредством капитальных вложений государство могло бы, как это делается за рубежом, влиять на формирование энергосберегающей политики в народнохозяйственном комплексе. Однако напряженность бюджета, отсутствие свободных средств, конкретных механизмов стимулирования энергосбережения на всех уровнях путем предостав-

ление финансово-экономических привилегий при реализации энергоэффективных проектов и программ или наложения штрафных санкций за нерациональное использование ТЭР не дают возможности эффективно использовать этот способ финансирования. Тем не менее, следует отметить, что государство ищет пути организации эффективного использования финансирования энергоэффективности. Примером этого являются так называемые «Демонстрационные зоны высокой энергетической эффективности», опыт деятельности которых мог бы быть использован при разработке общей концепции организации энергоэффективности в народном хозяйстве.

Демонстрационные зоны высокой энергетической эффективности

Говоря о государственном финансировании энергоэффективности, необходимо упомянуть деятельность региональных демонстрационных зон высокой энергетической эффективности и Демзоны Санкт-Петербурга в частности. О масштабах и эффективности деятельности Демзоны Санкт-Петербурга можно судить по результатам её работы, достигнутых за период 1998 — 2000 гг. За этот период Демзона включала в себя около десяти пилотных проектов, в часло которых вошли такие предприятия, как «Светлана», «Ижорские заводы», «Пролетарская победа», ГП «Адмиралтейские верфи», ОАО «Морской порт Санкт-Петербург», микрорайон Горелово Красносельского района, Станция аэрации города Петродворца. На этих предприятиях за счет средств федеральной целевой программы были проведены комплексные обследования, в результате которых

- было выявлено состояние и оценена эффективность работы энергокомплекса предприятий;
- были составлены программы энергосбережения, представляющие собой комплексные планы реконструкции энергетического хозяйства и оборудования, концептуальной основой которых является достижение окупаемости затрат и снижение энергоёмкости основного производства;

на ряде объектов было осуществлено финансирование перехода от проссельного к частотному регулированию циркуляции теплоносителя:

— на ряде обследованных предприятий (таких как «Светлана», ГП «Адмиралтейские верфи», ОАО «Морской порт Санкт-Петербург»), при посредничестве Демзоны были заключены договора с потенциальными инвесторами, в том числе и иностранными о совместном финансировании энергоэффективных проектов при поручительстве городской администрации, а так же Миннауки и Минтопэнерго.

К сожалению, ввиду неудовлетворительного инвестиционного климата и отсутствия отработанного механизма возврата инвестиций (энергосберегающий проект генерирует не доход, а экономию), реализация перечисленных проектов до сих пор находится в прединвестиционной стадии, а деятельность Демзоны Санкт-Петербурга при всем старании её руководства сводится, за редким исключением, только к финансированию энергетических обследований и технико-экономических обоснований, что, по сути, является только первым шагом на пути повышения эффективности использования энергии.

В других областях России (Москва, Челябинск, Ярославиь, Казань и др.) энергосбережение, ввиду наличия действенной региональной нормативно-правовой базы, и прежде всего экономической, давно получает широкое развитие.

#### Инвестиционный налоговый кредит

Примером финансирования государством на возвратной основе может служить инвестиционный налоговый кредит (ст. 66 – 67 Налогового кодекса РФ (далее — НК РФ)). В соответствии с ф. I НК РФ предприятия для финансирования инвестиционной деятельности могут использовать инвестиционный налоговый кредит, который представляет собой отсрочку уплаты налога. Этот кредит предоставляется на условиях возвратности и платности. Срок его предоставления — от одного года до пяти лет. Проценты за пользование инвестиционным налоговым кредитом устанавливаются по ставке не менее  $50\,\%$  и не более  $75\,\%$  ставки рефинансирования ЦБ РФ.

Инвестиционный налоговый кредит может быть предоставлен по налогу на прибыль (доход) организации, а также по региональным и местным налогам. В соответствии со ст. 67 НК РФ инвестиционный налоговый кредит предоставляется организации-налогоплательщику, в том числе (на осуществление технического перевооружения (кредит предоставляется в размере 30 % стоимости приобретённого оборудования), создание новых или совершенствование старых технологий. Организация-налогоплательщик может заключать несколько договоров об инвестиционном налоговом кредите по различным основаниям. Использование инвестиционного налогового кредита служит неплохим модспорьем при осуществлении энергоэффективных проектов, прежде всего для мало- и среднезатратных проектов.

#### Иностранные инвестиции

Что касается России, то иностранные инвестиции на данном этапе ее развития имеют существенное значение, прежде всего для стабилизации и подъема отечественной экономики. Сегодня иностранные ин-

вестиции в основном направляются в сферу обслуживания, торговлю и на оказание посреднических у слуг, т. е. в такие сферы, где с меньшими усилиями можно получить быстро максимальную прибыль. Если говорить об иностранном финансировании энергоэффективных проектов, то следует отметить, что международные финансовые институты (Европейский союз, Мировой банк, EBRD и многие другие) проявляют большой интерес к энергосбережению в России. Но ввиду неудовлетворительного инвестиционного климата (экономическая и политическая нестабильность, неудовлетворительная законодательная база, различия в ведении бухгалтерской отчетности и т. д.), в большинстве своим, их деятельность реализуются лишь в масштабах грантов и ТЭО.

#### Другие источники финансирования

Ввиду малой доли в общем объеме инвестиций остальные источники средств предлагается объединить в раздел «Другие». К ним относятся различные финансовые институты: страховые, пенсионные фонды, инвестиционные компании, различного рода объединения и ассоциации. Также к этой группе отнесены формы кредитования, не связанные напрямую с получением предориятием-заёмщиком от какого-либо кредитного института денежных средств. Прежде всего, речь идёт о лизинге.

В мире общепризнанно, что одной из наиболее эффективных форм инвестирования средств в основной капитал предприятий является лизинг. В сложившихся условиях и при имеющихся потребностях в инвестициях фактически лизинг является наиболее интересным инструментом для осуществления энергоэффективных проектов и модернизации основных фондов. Например, в США на долю лизинга приходится 30 % от общего объема инвестиций, в Великобритании — 36 %, Швеции — 21 %, Германии — 16 %. В России доля лизинга может превысить и 50 %, если для этого создать соответствующие условия. Пока же в 1998 г. доля лизинга в общем объеме инвестиций составила всего 2,5 %, в 1999 г. — 1,5 %, в 2000 г. — около 5 %. Однако этот скачок объясняется не улучшением положения дел, а только сокращением общего объема инвестиций. Девальвация рубля в 1998 г. привела к сворачиванию деятельности многих лизинговых компаний. Сегодня из более тысячи зарегистрированных лизинговых компаний реально действуют на лизинговом рынке только 30 %. Основной объем лизинговых операций приходится на несколько крупных компаний, созданных при наиболее устойчивых банках. Одна из основных причин слабого развития лизинга — несовершенство действующего законодательства, в первую очередь Закона о лизинге, который нечетко трактует ключевые понятия

этого механизма. Весь закон наполнен противоречиями — с гражданским, валютным и таможенным законодательством. Создание цивилизованной, непротиворечивой, стимулирующей развитие лизингового бизнеса нормативной базы могло бы существенно оживить отечественный инвестиционный климат. Для энергоэффективного оборудования эта схема финансирования является, пожалуй, одной из самых привлекательных. Но, опять-таки, ввиду отсутствия разработанного и утверждённого механизма возврата средств, подобная схема осуществления энергосбережения для распространенного осуществления на сегоднящими день обречена.

Таким образом, приведенный анализ показывает, что традиционные источники финансирования и организации энергосбережения в настоящее время являются труднодоступными. Поэтому встает вопрос о поиске новых форм, схем финансирования и организации процессов энергосбережения на предприятиях, в том числе и на водном транспорте.

# 1.6.2. Энергетический перформанс контракт и энергосервисные компании

Ограниченность финансовых ресурсов, которые можно было бы привлечь на нужды энергосбережения, делает особенно привлекательным использование современных инструментов финансирования энергосберегающих проектов, таких как энергетический перформанс-контракт (Energy Performance Contracting, EPC / ЭПК).

Начиная с 1994 г. в коле зрения экспертов, специализирующихся в области энергосбережения, появился новый, не очень привычный для российского уха термин — «энергосберегающий перформанс-контракт» (ЭПК). Этот термин обозначил новую концепцию взаимоотношений заказчика и подрядчика — превращение будущей экономии энергии в сегоднящиме капиталовложения. Концепция перформанс-контракта нашла положительный отклик у потребителей, многие из которых по различным причинам не готовы осуществлять капиталовложения в энергосбережение на условиях предоплаты, но охотно идут на раздичные формы товарного кредитования. Два нефтяных шока 70-х гг. ХХ в. породили этот вид бизнеса в развитых странах Запада. Он весьма динамично развивается. Практика ЭПК была впервые осуществлена в США и Канаде. При этом объектами для реализации энергосберегающих проектов являлись системы энергообеспечения самых различных объектов — промышленных и гражданских, правительственных, мунипипальных и частных.

Во многих случаях перформанс-контракт осуществляется специализированной энергосервисной компанией (ЭСКо). Организация, как правило, ЭСКо, реализует проект за счет собственных или заемных средств, гарантируя при этом, определенный объем экономии топливно-энергетических ресурсов. Собственник объекта оплачивает стоимость реализации проекта не из прибыли, а за счет средств, сэкономленных в результате внедрения проекта. Такая форма реализации проекта получила название энергетический перформанс-контракт (ЭПК).

ЭПК предлагается энергосервисной компанией как альтернатива другим типам контрактов. Специфические отличия ЭПК сводятся к тырем особенностям.

- 1. ЭСКо берет на себя комплексную ответственность за инжиниринговые, строительные и финансовые вопросы. Предприятие-клиент имеет дело только с ЭСКо, а та, в свою очередь, уже с поставщиками оборудования, субподрядчиками и финансовыми институтами.
- 2. Обычный проект с жестким технологическим заданием заменяется более гибким итеративным процессом, в котором техническое задание может модифицироваться в зависимости от имеющихся отклонений от проектных параметров функционирования оборудования и технологических карт.
- 3. ЭСКо берет на себя ответственность за функционирование проекта и получает оплату за счет сбереженной от реализации проекта платы за энергию. ЭСКо гарантирует, что сбережения будут достаточны, чтобы покрыть капиталовложения в ограниченный промежуток времени, и несет риск в любой момент времени на сумму проектных затрат, которые остались непокрытыми.
- 4. ЭСКо финансирует проект. ЭСКо либо прямо обеспечивает финансирование, либо организует финансирование проекта каким-либо финансовым институтом. В последнем случае ЭСКо гарантирует, что получения за счет проекта экономия будет достаточной для выплаты сделанного долга и процентов по нему.

Существует *три основных вида* ЭПК, названия которых во многом говорят сами за себя. Во всех случаях ЭСКо гарантирует, что экономия у Клиента будет достаточной для покрытия его обязательств.

1. Покрытие затрат. За счет экономии покрываются все затраты ЭСКо на реализацию проекта, включая оговоренный в контракте размер прибыли. Вся полученная экономия остается в распоряжении ЭСКо, пока не будут полностью покрыты затраты. Затем прибыль от экономии достается уже Клиенту. Собственность на оборудование, установленное по проекту, может быть передана Клиенту в начале.

Однако в целях снижения риска инвестор обычно сохраняет право собственности на оборудование до полного покрытия своих затрат по обслуживанию долга.

- 2. Участие в экономии. Данный вариант предполагает деление энергосберегающего эффекта между ЭСКо и Клиентом в оговоренной с ЭСКо пропорции в течение всего периода реализации проекта. Эта пропорция может быть как постоянной, так и меняющейся во времени или в зависимости от реально достигнутого энергосберегающего эффекта. Историческим примером является внедрение в Англии новых изобретений Д. Уаттом, который в 1775 г. предлагал и реализовыван в промышленности заманчивые условия: бесплатная поставка, монтаж и обслуживание нового оборудования, демонтаж старого, а вместо платы — отчисление одной трети стоимости сэкономленного угля в течение срока службы нового оборудования — 25 лет. Поскольку платежи меняются в зависимости от уровня энергосбережения и вариации цен на энергоносители, Клиент принимает на себя часть риска, в связи с чем он получает несколько большую долю сбережений, чем в случае с гарантированной экономией. Возможна и комбинация первого подхода со вторым, когда ЭСКо гарантирует эффект в течение определенного времени, а затем переходит к схеме участия в экономии
- 3. Финансирование поставщиком, Это классический лизинг. Такой тип финансирования применяется в основном для приобретения энергоэффективного оборудования у его производителя или поставщика. Они гарантируют покупателю, что платежи за оборудование не превысят получаемой за счет его использования экономии на издержках. Данный подход предлагает лишь ограниченную помощь в сокращении энергетических издержек, поскольку фокусируется только на приобретаемом оборудовании и не охватывает других возможностей энергосбережения. Поставщики могут действовать как ЭСКо и предлагать более широкий круг услуг. Например, такие финансово мощные фирмы как «Джонсон Контролз» или «Хонейвелл» могут как продавать свое контрольное оборудование на базе «платежей из экономии», так и проводить всесторонние энергетические обследования и предлагать через своих подрядчиков и другое оборудование и услуги.

Финансирование ЭПК может осуществляться:

- самим Клиентом;
- ЭСКо;
- финансовым институтом.

Наиболее интересен и актуален для России сегодня третий вариант, когда у Клиента нет ни собственных средств, ни возможности и уме-

ния привлечь долгосрочные финансовые ресурсы, но есть огромные возможности снижения энергетических затрат и достаточно стабильное финансовое положение. В этом случае ЭСКо выступает заемщиком, Клиент же не принимает обязательств по долгу. Во втором и третьем вариантах Клиент ничего не инвестирует в проект. В обмен на принимаемый риск ЭСКо получает долю сбережений, которые являются результатом её работы. Конечно, при прочих равных условиях, потребитель заплатит больше за проект, чем в случае самостоятельного выполнения всей работы, но: во-первых, Клиент может не располагать временем или опытом, необходимым для закупки всего необходимого оборудования и выполнения работы; во-вторых, у него может не быть доступа к финансовым ресурсам, тогда как ЭСКо имеет такой доступ. Наконец, используя услуги ЭСКо, Клиент может получить доход больший, чем при самостоятельном финансировании, потому, что не все прочие условия равны (см. далее).

Стандартный набор предлагаемых ЭСКо услуг включает:

- проведение энергетических обследований различного масштаба, энергоаудита, для определения эффективности энергоиспользования на предприятии и возможностей энергосберожения;
- разработку программы мер по повышению энергетической эффективности;
- подготовку технических предложений по улучшению энергои ресурсопотребления, а также положений генерального контракта (ЭПК) и финансовой структуры, с помощью которых эти улучшения будут достигнуты;
- обеспечение необходимого финансирования для осуществления того или иного мероприятия;
- обеспечение поставок, монтажа оборудования и пуско-наладочных работ;
- измерение, мониторинг и обеспечение подтверждения реализованного энергосбережения;

поддержание оборудования в работоспособном состоянии и обоспечение необходимой замены выходящих из строя единиц оборудования;

 – подготовку сотрудников Клиента по использованию нового оборудования.

ЭСКо и Клиент должны тщательно разработать и согласовать ключевые условия контракта. В контракте с разделением эффекта энергосбережения есть ряд решающих положений, по каждому из которых можно и нужно договариваться. Не существует единой простой, «универсаль-

ной» формулы перформанс-контракта. В зависимости от приемлемого для ЭСКо и клиента уровня риска, а также сбережений и прибыли, которые они надеются получить, это формула может быть адаптирована к потребностям сторон, заключающих контракт.

Существует целый набор механизмов финансирования ЭПК. один из них — это механизм револьверного фонда. Револьверным фонд называется именно потому, что часть средств, полученных от экономии энергии, возвращается обратно в фонд и используется для финансирования очередных проектов. При этом соотношение между месячной программой фонда и объемом месячных поступлений от экономии на уже реализованных проектах всегда можно уравнять, что и даст возможность фонду работать без остановки. Такой кругооборот финансовых ресурсов позволяет заметно повысить эффективность их использования. Специальный револьверный фонд может быть создан в рамках уже существующих при региональных администрациях или отраслевых ассоциациях, таких как фонд поддержки предпринимательства и развития конкуренции, экологический фонд. При этом важно, что фонд создается *при*, и вовсе не обязательно за счет средств этих ассоциаций. Источники поступлений в фонд могут быть разными. В случае, когда ими являются отчисления от тарифов распорядителем фонда может быть Региональная энергетическая комиссия. Преимущество такого организационного решения в отсутствии необходимости создания новых структур. Недостаток — в возможности использования средств фонда на иные цели, для которых были созданы фонды-зонтики для револьверного фонда.

Вторая возможность — создание областного (отраслевого) фонда энергосбережения как самостоятельного государственного учреждения. Распоряжение фондом и использование его средств осуществляется Администрацией области, региональной энергетической комиссией или администрацией отрасли (подотрасли — Службой речного флота, и/или при её ГБУВП и С) соответственно.

и/или при её ГБУВП и С) соответственно.

(Наконец, третья возможность — создание фонда как коммерческого предприятия, нацеленного на получение прибыли, с возможным, но не обязательным, участием региональной администрации или иной отраслевой Службы.

Каждая из этих схем требует своего юридического оформления и разработки механизмов оборота средств. Если он создается под эгидой областной или отраслевой администрации, то решение оформляется соответствующим распоряжением Главы администрации или Службы.

Таким образом, опыт создания лейственного финансово-экономического механизма реализации повышения эффективности использования ТЭР необходимо широко использовать применительно к предприятиям речного транспорта.

1.6.3. Модель расчета

Для повышения эффективности энергоиспользования необходи принимать меры. Однако не каждый проект, результат заключаться в снижения т мо принимать меры. Однако не каждый проект, результат которого будет заключаться в снижении потребления топливно-энергетических ресурсов, может быть целесообразным с точки зрения экономической эффективности. В связи с этим основным критерием высора энергоэффективного мероприятия должен явиться не технический потенциал энергосбережения, а экономическая целесообразность осуществления финансовых вложений.

Для разработки модели расчета эффективности энергосбережения необходимо определить сущность показателя энергетической эффективности, понятие энергоэффективных проектов, а также классифицировать их.

В соответствии с ГОСТ Р51541 ЭмЭнергосбережение. Энергетическая эффективность, состав показателей. Общие положения», энергетическая эффективность это характеристика полезной отдачи от использования топлива и энергии, выражаемая через отношение количества топлива и энергии потребленных оборудованием или технологическим процессом, к объему продукции (работ, услуг), произведенной этим оборудованием или технологическим процессом.

Потребление ТЭР Энергоэффективност Произведенная продукция (работа, услуги) (1.24)

Энергетическая эффективность может быть повышена как с помощью мер по совершенствованию производства за счет увеличения полезного выхода продукции и услуг, улучшения их качества и соверменствования маркетинга (1), так и за счёт мер по экономии энергетических ресурсов — энергосбережению (2). В такой трактовке повышение эффективности использования энергии является более широким понятием, чем энергосбережение, и именно повышение эффективности использования энергии должно стать целью разработки проектов.

Таким образом, основным признаком классификации по повышению энергоэффективности является деление на проекты, направленные на увеличение продуктивности имеющихся технологий, и проекты, связанные с совершенствованием работы энергетического хозяйства предприятия. Рассмотрим подробнее именно вторую группу проектов. Они достаточно разнородны, что и позволяет их классифицировать. Нами предложена классификация проектов, подчеркивающая значимость экономических характеристик, а именно затратности проектов, а также распределение потенциала энергоэффективности по группам проектов (табл. 1.2).

Классификационная таблица показывает, что реализация значительной части потенциала энергоэффективности не является «бесплатной». Мероприятия с низкими затратами и так называемые «беззатратные» составляют лишь 5-15 % потенциала. С другой стороны, очень значителен вклад уже существующего оборудования: 15-45% потенциала связано с его усовершенствованием и заменой.

Под термином энергоэффективный (энергетически эффективный) инвестиционный проект (ЭИП) понимается комплекс действий (работ, услуг, приобретений, управленческих операций и решений), направленных на достижение цели, заключающейся в повышении эффективности использования энергии и снижении платы за их потребление. Таким образом, в соответствии с изложенной классификацией, энергоэффективным проектом является любое мероприятие (не зависимо от объема инвестиций), направленное на снижение объемов платы за ТЭР и повышение энергетической эффективности работы предприятия.

Таблица 1.2 Классификация энергоэффективных проектов по объему затрат и потенциалу энергосбережения

	Проекты	Затраты, % от го довой стоимости ТЭР	Содержание	Срок окупаемости	Потенциал энергоэффективности, %
8	1. Так называемые «беззат- ратиые»	Как правило, осуществляются без выделения дополнитель- ных финансо- вых ресурсов	Организационные и управленческие решения (в том числе мероприятия по внедрению системы энергетического менеджмента)	менее	около 5 – 10
	2. С низ- кими затратами	1-5	Совершенствование эксплу- атации оборудования, обеспечение счётчиками энергопотребления, разработка норм потребления энергоносителей и т. д.	одного года	около 15 – 20

### Окончание табл. 1.2

3. Со средними затратами	5 – 10	Модернизация имеющегося оборудования, установка системы АСКУЭнерго и т. д.	от одного до трёх лет		
4. С круп- ными затратами	свыше 10	Приобретение нового оборудования, проекты которые могут принести мультипликативные эффекты повышения производительности, качества продукции и экономической эффективности, такие как установка новых технологических линий, новых котельных или турбин, инфракрасного отопления, переход на производство менее энергоёмкой продукции и проч.	от трех и более лет	до 60 Mal <sup>E</sup>	ROB

Ряд проектов для предприятий речного транспорта предлагается в табл. 1.3.

Таблица 1.3 ЭИП для предприятий водного транспорта

П	Company	Потенциал
Проекты	Содержание	снижения
	10 Y	энергоемкости, %
1	2	3
«Беззат-	СК: выбор оптимального судового дифферента; оптималь-	10 - 12
ратные»	ных грузовых потогов (уменьшение порожнего пробега;	
	простоя в ожидании погрузочно / разгрузочных работ)	
	Порты: одгимизация погрузочно-разгрузочных работ каждой с извидорной компанией порта	до 10
Низко-	СК. организация питания энергией с берега на стоянках;	около 15 – 20
затратные	организация на судах технического (внутреннего) учета	
~	Порты: модернизация системы наружного освещения	до 30
	(установка вместо ртутных и вольфрамовых ламп	
	натриевых ламп высокого давления); внедрение автомати-	
$\langle \mathcal{N} \rangle$	зированной системы учета энергоносителей порта для:	
	– оплаты электроэнергии по дифференциальному тарифу	около 15
X '	в дневное и ночное время (так как работа осуществляет-	
	ся круглосуточно);	около 15
	- совершенствование системы расчетов порта со стиви-	
	дорными компаниями за потребляемую энергию	
	ССРЗ: установка системы учета и разработка норм	
	потребления ТЭР (прежде всего, на резку металла и на	около 15 – 20
	стапельных работах); изоляция сетей, прежде всего —	
	паровых и сжатого воздуха	

Средне- затратные	СК: модернизация судовых двигателей (перевод с дизельного на более дешевые газотурбинные и моторные сорта топлива)	до 15
	Порты: совершенствование работы кранового хозяйства; внедрение регулируемого электропривода для кранового оборудования	до 30 15 – 25
Крупно- затратные	СК: установка нового энергоэкономического судового оборудования потребителя ТЭР (судовой энергетической установки, движетельно-рулевого комплекса, погрузочно/разгрузочного, насосного и прочего оборудования)	до 30
	ССРЗ: установка паротурбогенераторов на паровые котлы (мини-ТЭЦ) для выработки электроэнергии	до 60

Предлагается методика оценки эффективности ЭИП для предприятий речного транспорта. В соответствии с «Методическими рекомендациями по оценке эффективности инвестиционных проектов», в которой условия финансовой реализуемости и показатели эффективности (чистый дисконтированный доход — ЧДД, внутренняя норма доходности — ВНД, исполнительный документ — ИД, и проч.), применимые к любым типам проектов независимо от их технических, технологических финансовых, отраслевых или региональных особенностей, рассчитываются на основании денежного потока  $\phi_i$ , конкретные составляющие которого зависят от оцениваемого вида эффективности. Таким образом, основными задачами разработки методики оценки эффективности энергосберегающих проектов явились выявление, конкретизация и отражение в денежном потоке  $cp_i$  составляющих, отражающих их специфические особенности.

Общая схема оценки эффективности ЭИП в целом включает в себя два этапа.

Первый этап заключается в оценке общественной значимости проекта (для средне- и крупнозатратных проектов), которая определяется влиянием результатов его реализации на экономическую, социальную или экологическую ситуацию в отдельных регионах или отраслях страты (внешние, косвенные эффекты для общества). Эти эффекты могут быть как положительными, так и отрицательными.

Положительные эффекты оцениваются, прежде всего, величиной высвобожденных для региона, подотрасли, предприятия топливно-энергетических ресурсов и снижением объемов экологически вредных выбросов. Эффект высвобождения ТЭР можно оценить соотношением приведенных затрат на осуществление энергосберегающего проекта с затратами на добычу, переработку и доставку того же объема энергоресурсов.

К отрицательным внешним эффектам от реализации энергосберегающего проекта можно отнести, прежде всего, повышение эффективности использования ТЭР на отдельном предприятии (локальный уровень). ухудшающее при этом ситуацию на более высоком уровне. Примером может служить строительство собственной газовой котельной на предприятии, ранее потреблявшей тепло ТЭЦ. Отрицательным внешним эффектом в данном примере, является увеличение себестоимости выработки электроэнергии на ТЭЦ, когда при снижении потребностей в тепле и энергии районная ТЭЦ работает при недогрузке, с существенно сни женным КПД, а свои затраты, связанные с этим, компенсирует уведичением тарифов для оставшихся потребителей. Таким образом, за энергосбережение на конкретном предприятии заплатит не только предприятие, но и население и другие объекты, потребляющие тепло и энергию ТЭЦ. Подобная ситуация лишний раз подтверждает положение о системном подходе к решению проблемы энергетической эффективности при широком государственном регулировании и поддержке солижении локальных интересов с интересами более высокого уровня

Отражением общественной эффективности могут служить: величина высвобожденных энергоносителей в натуральном измерении; величина энергоемкости (региональной, отраслевой); снижение расходов на энергоносители у бюджетных организаций: улучшение экологической обстановки и др. О результатах оценки общественной значимости проекта необходимо информировать соответствующие государственные надзорные органы, а также ставить вопрос о возможности применения различных форм государственной поддержки, сближая, тем самым, локальные интересы предприятия с глобальными интересами государства.

Вторым этапом оценки эффективности является расчет экономической (коммерческой) эффективности ЭИП. Основным методическим принципом оценки эффективности ЭИП является рассмотрение в качестве базы возврата инвестиций снижение оттока средств предприятия, а именно экономии платы за топливно-энергетические ресурсы, воду и технологические газы, а также экономии платы за загрязнение окружающей среды при выпуске одного и того же объема продукции и обеспечении неизменных условий производства. В качестве затрат на реализацию проекта рассматриваются капитальные вложения, ликвидационные затраты в конце проекта, а также производственные издержки, налоги, генерируемые при реализации порождающего их проекта. Сальдо (эффектом) реализации ЭИП является разность между экономией платы и дополнительными эксплуатационными затратами на каждом шаге расчета. В табл. 1.4 приведена рекомендуемая нами последова-

тельность для расчета частных и обобщающих показателей денежного потока ЭИП

Таблица 1.4 Оценка денежного потока ЭИП по периодам жизненного цикла

Периоды жизненного цикла проекта	Разработка проекта и начальное инвестирование	Реализация (эксплуатация) проекта	Завершение проекта
Последовательность расчета проектного денежного потока	— Стоимость энергоэффективного оборудования ( $I_{\text{оборуд}}$ ); — Стоимость проектных работ ( $I_{\text{пр.р}}$ ) + Выручка от продажи заменяемых основных фондов и ликвидации ( $L_t$ = 0) — Расходы по демонтажу заменяемого оборудования ( $3_{\text{демонт.}t=0}$ ) — Налоговые выплаты, связанные с реализацией заменяемых основных фондов (H) = $I_{\Sigma}$ , Суммарные инвестиции, обусловленные применением энергоэффективного оборудования (-)	+ Объем экономии платы за ТЭР, воду и технические газы (Э , , , , , ) + Объем экономии платы за загрязне-ние окружающей среды (Э , , , , , , , , , , , , , , , , , ,	+ Рыночная стоимость ликвидируемых основных фондов, лома и деталей (L) - Стоимость демонтажа оборудования и очистки территории (3 демонт. 1 - Налоговые выплаты, производимые в ходе реализации активов (H)   = Ликвидационный денежный поток(+-)

Нахождение составляющих денежного потока  $\it cp_{_{i}}$  энергосберегающего инвестиционного проекта предлагается по уравнению

$$\varphi_t = f\{I_0, \varphi_{\text{accent}}, L_t\}, \tag{1.25}$$

 $\phi_{t} = f\{I_{0}, \phi_{\text{экспл.}t}, L_{t}\}, \tag{1.25}$  де  $I_{o}, L_{t} = 0, \phi_{\text{экспл.}t}, L_{t}$  — компоненты денежного потока, обусловленные инвестиционными затратами, ликвидационными в начальный и конечный периоды реализации ЭИП и операционным денежным потоком соответственно.

Компоненты операционного денежного потока (факсили), образующего основную базу возврата капитальных вложений в результате реа-

лизации ЭИП за периол t с учетом налоговых выплат можно определить следующим образом:

прибыль соответственно.

на всех стадиях жизненного цикла ЭИП.

в блоке методики «Критерии оценки эффективности ЭИП» прине и формулы расчета динамических показателей с учетом колона вляющих (ф.t), энергосберегающих Ц, ВИД. ИЛ ПТО дены формулы расчета динамических показателей с учетом конкретных составляющих (ф.t), энергосберегающих инвестиционных проектов (ЧДД, ВИД, ИД, ДТОК), а также для удобства и простоты вынислений предложены табличные формы для их определения.

В разделе «Общие комментарии к методике» передислены особенности расчета эффективности ЭИП на действующих предприятиях, особенности оценки разномасштабных ЭИП, влияние сезонности, длительности навигационного периода, а также других переменных, вариации которых могут влиять на эффективность ЭКП для предприятий речного транспорта.

Методика целиком и полностью может быть использована при оценке эффективности низко-, средне- и крупнозатратных энергосберегающих проектов на предприятиях судостроительной промышленности, портах, государственных бассейновых управлений водных путей и судоходства, для судоходных компаний, а также для предприятий других отраслей.

# Выводы по разделу 1

Общие понятия и определения в области энергосбережения объясняют необходимость перехода от примитивного понимания снижения количества расходуемых топливно-энергетических ресурсов к качественным показателям эффективности их использования, требуют рассмотрения целей управления использованием энергии на макро- и микроуровнях.

Проблема энергосбережения, требуя повышения при взаимодействии использования энергии, при рассмотрении процессов, происходящих в науке и обществе с людьми и природой, превращается в энергоэкологическую проблему. Реализация этой проблемы требует рассмотрения и учета особенностей транспорта при формулировании государственной энергетической стратегии, установления показателей

эффективности использования энергии на объектах водного транспорта и его инфраструктуры, оценки потенциала энергосбережения. Разделение мероприятий на технологические и нетехнологические потребует учета особенностей организации систем энергоменеджмента на водном транспорте и объектах его инфраструктуры (ответ на вопрос: что должно быть сделано?) и необходимости разработки документов — энергоруководств (ответ на вопрос: как это сделать в конкретной организации?).

Реализация Программы по энергосбережению требует создания ансово-экономического механизма, поиска источников финация я энергоэффективных проектор фин методо.

Фин методо.

Фин методо.

Фин методо. финансово-экономического механизма, поиска источников финансирования энергоэффективных проектов, а также разработки методов расче-

### Раздел 2. ОСОБЕННОСТИ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В ТРАНСПОРТНОЙ ОТРАСЛИ И ЕЁ ПОЛОТРАСЛЯХ

### 2.1. Энергоэкология. Транспортная энергетика и парниковый эффект

Начало индустриальной эпохи (примерно с 1860 г.) ознаменовано резкой интенсификацией увеличения выбросов в атмосферу антропогенных парниковых газов — диоксида углерода ( $\mathrm{CO_2}$ ), метана ( $\mathrm{CH_4}$ ), закиси азота ( $\mathrm{N_2O}$ ), ГФУ (гидрофторуглеродов), ПФУ (перфторуглеродов) и гексафторида серы ( $\mathrm{SF_6}$ ), которые приводят к появлению парниковых эффектов. В результате к настоящему моменту атмосфера вынеты стала на 0,75 °C теплее, причём потепление происходит практически во всех точках Земного шара [29].

Процесс глобального потепления можно описать так: парниковые газы пропускают к земной поверхности излучение в области видимого спектра инфракрасного излучения и части ультрафиолетового излучения через тропосферу. Поверхность Земли поглощает большую часть энергии этих излучений и преобразует их в длинноволновое инфракрасное излучение — т. е. в теплоту, которая возвращается в тропосферу. Часть этой теплоты излучается в космическое пространство, часть поглощается молекулами парниковых газов, нагревая воздух, и часть излучается назад, на земную поверхность. В табл. 2:1 приведены данные о влиянии отдельных газов на величину парникового эффекта.

Таблица 2.1 Вклад различных газов в глобальное потепление

Парниковые газы	Доля отдельных газов, %
Диоксид углерода СО	50
Метан СН	18
Закись азота NO	8
Озон О	4
Хлорфторуглерод CFCl <sub>3</sub>	20

Как следует из табл. 2.1, наибольшее влияние на парниковый эффект оказывает диоксид углерода  ${\rm CO_2}$ , который сохраняется в атмосфере длительное время (примерно 100 лет), хорошо смешиваясь при этом с другими газами.

Основная доля выбросов  ${\rm CO_2}$  приходится на стационарную энергетику. На рис. 2.1 приведены данные о выбросах диоксида углерода в сфере транспорта.

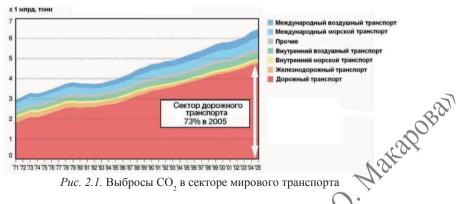


Рис. 2.1. Выбросы СО, в секторе мирового транспорта

Согласно наиболее распространенной гипотезе парникового эффекта, в наибольшей степени изменения климата проявляются на территориях, расположенных в глубине континентов и в высоких широтах. Рост приземной температуры в РФ за последние 100 лет был заметно выше, чем в Северном полушарии и на Земном шаре и составил 1.29 °C (рис. 2.2).

В прошлом климат Земли неоднократно менялся по естественным причинам, и можно было бы предположить, он изменяется под влиянием природных факторов. В действительности же сегодняшняя ситуация принципиально отличается. Её особенности заключаются в следующем

- во-первых, концентрация СО, никогда ранее не была так высока, как сегодня:
  - во-вторых, на этой шкале времени она выросла мгновенно.

Понятно, что более высокая концентрация СО, должна приводить к более высокой температуре. Но и скорость роста концентрации также имеет большое значение, поскольку высокая скорость роста концентрации означает и большую скорость роста температуры. В результате мы имеем сегодня не только самое высокое содержание СО но и самую высокую за последние 600 тыс. лет скорость роста приземной температуры. Все минимумы СО, — это одновременно и минимумы температуры, а максимумы — это межледниковые периоды. Однако не изменения СО, были причиной климатических перемен. Они объясняются теорией Миланковича, связывающей климатические изменения с изменением земной орбиты и прецессиями земной оси, что изменяет количество тепла, получаемого Землей от Солнца. Изменения же СО, были следствием изменения температуры

из-за изменения обмена углекислым газом между океаном и атмосферой, из-за изменения скорости фотосинтеза оледеневших деревьев и других причин.

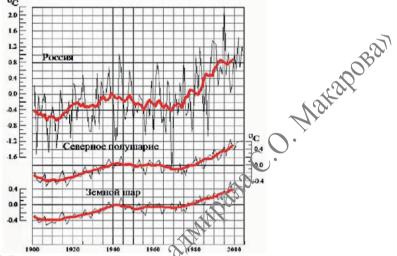


Рис. 2.2. Временные ряды пространственно осреднённых аномалий среднегодовой температуры приземного воздуха для территории РФ, Северного полушарыя и Земного шара (результаты исследований изменений климата для стратегий устойчивого развития Российской Федерации, Росгидромет, 2005 г.)

Одним из наиболее важных вопросов проблемы современного климата является вопрос о причинах изменений, наблюдаемых сегодня, и прогнозирование возможных изменений в будущем. Главный вопрос в том, насколько наблюдаемые перемены связаны с природными и насколько с антропогенными факторами. Сегодня ответ на этот вопрос можно получить только с помощью математических моделей атмосферы, учитывающих, насколько возможно, все факторы, определяющие климат, и все, опять-таки насколько возможно, обратные связи в климатической системе. В настоящее время существуют тричетыре десятка современных моделей изменения климата. По моделям, расчеты по которым хорошо согласуются с данными наблюдений, можно выполнить прогнозирование дальнейших изменений климата.

Протекающие процессы будут иметь катастрофические последствия для представителей флоры и фауны многих ареалов Земли: ослабленные в результате антропогенного ухудшения экологической ситу-

ации и, не имея времени для адаптации к быстрым переменам климата, они будут неизбежно исчезать с лица Земли. Эти процессы могут вызвать таяние вечной мерзлоты с разрушением промышленной и иной инфраструктуры на двух третях российской территории. Мало того, при таянии мерзлоты на территории России будут выброшены в атмосферу огромные запасы вмороженного в лёд метана (клатраты метана). Последствия такого развития событий будут гораздо хуже самых пессимистических прогнозов.

Таким образом, перед мировым сообществом стоит задача 50 %-го сокращения выбросов диоксида углерода. Под эгидой Международного энергетического агентства (IEA) был осуществлен прогнозный расчет изменения выбросов СО<sub>2</sub> в мире к 2050 г. при условии, что мировое сообщество не будет предпринимать никаких усилий к снижению выбросов (базовый сценарий), и в случае, если будут выполняться международные соглашения по изменению климата (BLUE Мар сценарий). В первом случае годовой выброс диоксида углерода может достичь 62 Гт, во втором он будет снижен до 14 Гр. Также оценивались пути снижения выбросов СО<sub>2</sub>. По оценкам IEA снижение выбросов диоксида углерода от транспортного сектора мировой экономики составляет 26 %. Важность снижения выбросов СО<sub>2</sub> от транспорта подтверждается также прогнозом роста потребления мекопаемых топлив.

Основная роль в увеличении расхода нефти в ближайшие 25 лет принадлежит транспорту, оно составит около 75 % общемирового роста потребления нефтяных ресурсов. Эксплуатируемый на территории РФ транспорт сжигает примерно 110 – 115 млн т топлива и 12 – 15 млн т смазочного масла. При этом в атмосферу выбрасывается около 30 млн т вредных веществ, в том числе до 15 млн т окиси углерода (СО), 12 млн т окиси азота (NO), 2 млн т углеводов (СН), 1 млн т сажи и 2·10<sup>12</sup> МДж тепловой энергии [29]. Данные отечественных исследований [30], [31] и распределение потребления топлива и вредных выбросов по видам транспорта России приведены в табл. 2.2.

Основными направлениями энергосбережения на автомобильном транспорте являются: увеличение доли грузооборота и пассажирооборота, выполняемых автомобилями и автобусами с дизельными двигателями (дизелизация); снижение удельных норм расхода топлива автомобилями за счет повышения КПД двигателей, трансмиссий, снижения собственной массы и аэродинамического сопротивления, увеличения доли радиальных шин; оснащение автомобилей приборами регистрации параметров движе ния; замещение бензина менее дефицитными видами топлива, в первую очередь — сжатым и сжиженным газом.

С целью снижения выбросов от автотранспорта в Европейском Союзе в апреле 2009 г. были приняты Правила № 443/2009, касающиеся ограничения выбросов  $CO_2$  от новых легковых автомобилей категории М1. В соответствии с данными Правилами была установлена цель: в целом по Европейскому Союзу достичь к 2012 г. средней величины выбросов  $CO_2$  от новых легковых автомобилей на уровне 120 г/км, а после 2020 г. — 95 г/км.

1. — ээ 17км.

Таблица 2.2

Распределение потребления топлива и вредных выбросов по видам транспорта России, 2012 г.

Вид транспорта	Установленная мощность, %	Потребляемое Выбро топливо в атмосо		1/ ~	
	мощность, 70	%	млн т	~ %	млн т
1. Автомобильный транспорт	50,0	56,5	65,0	71,3	21,7
2. Железнодорожный транспорт	16,0	11,0	12,6	6,3	1,9
3. Речной флот	8,0	5.9	6.8	2.6	0,8
4. Строительно- дорожные машины	4,0	1.9	2,2	1,3	0,4
5. Сельскохозяйственные и лесопромышленные машины	20.02	23,5	27,0	17,8	5,4
6. Авиация	2,0	1,2	1,4	0,7	0,2
Итого	100	100	115	100	30,4

Железнодорожной транспорт, на долю которого приходится примерно 50 % всех перевезенных в стране грузов, ежегодно расходует около 30 мля т условного топлива, причем 60 % всех затрат приходится на долю тепловозов. Основными направлениями энергосбережения на железнодорожном транспорте являются: дальнейшая электрификация железных дорог; ввод в эксплуатацию новых, более совершенных локомотивов, характеризующихся по сравнению с выпускаемыми в настоящее время повышенным КПД двигателей и передач, более совершенной системой охлаждения, меньшими расходами энергии на собственные нужды; снижение сопротивления движению за счет увеличения доли грузовых вагонов на роликовых подшипниках и увеличения доли бесстыкового пути; внедрение рекуперативного торможения на электрифицированных участках железных дорог; увеличение массы поезда за счет повышения степени загрузки вагонов, применения

вагонов повышенной грузоподъемности; совершенствование планирования перевозок; осуществление комплекса мероприятий по снижению потерь электроэнергии на тяговых подстанциях, реактивной мощности в системе электротяги н стационарных потребителей; замещение нефтяного моторного топлива сжиженным природным газом; централизация теплоснабжения железнодорожных станций и узлов.

Воздушный транспорт. Энергосбережение на воздушном транспорте достигается: применением более экономичных самолетов; совершенствованием расстановки и использования парка самолетов в соответствии с пассажиропотоками и дальностью рейсов; разработкой и усовершенствованием методов летной эксплуатации; использованием водорода в качестве топлива; внедрением новых аэродромных машин и механизмов [32]. В начале 2009 г. Евросоюз одобрил решение включить авиаперевозчиков в европейскую систему торговли квотами на выбросы парниковых газов (EU ETS) с 2012 г. Уже с начала января 2012 г. все авиакомпании, летающие в Европу, должны были получать квоты на парниковые выбросы, пропорийонально объему перевозок, а также вести отчетность, мониторини и контроль выбросов. Авиакомпании должны были приобретать квоты на парниковые выбросы по следующим расчетам: 85 % от выбросов базового 2010 г. — бесплатно, а остальные 15 % — платно по мнению экспертов, в 2012 г. российские авиаперевозчики должны были направить \$20 – 25 млн на эти цели. Например, расходы Аэрофлота на оплату в 2012 г. этих квот могли бы составить €40 млн, а к 2025 г. эта сумма достигнет €800 млн. Пока Минтранс РФ предлагает запретить российским авиакомпаниям, которые выполняют автарейсы в Европу, оплачивать квоты на эмиссию парниковых газов. Эта позиция России ничем не отличается от позиции таких стран, как США, Индия, Китай и других, которые не входят в Европейский союз.

Водный транспорт. Министерство охраны окружающей среды и ядерной безопасности Германии вводит систему торговли эмиссиями для морского транспортного судоходства. При этом цена тонны СО эквивалента может составить €50, рыночная стоимость парниковых квот составит от 33 % операционных расходов для сухогрузов до 71 % для контейнеровозов. Директивы и решения Еврокомиссии, решения Европарламента и Евросовета от 23 апреля 2009 г. призывают Еврокомиссию внести предложения о включении международного судоходства в рамки обязательств по снижению эмиссий парниковых газов в случае отсутствия успеха международных переговоров в рамках ІМО и/или рамочной Конвенции ООН об изменении климата.

Основными направлениями энергосбережения на водном транспорте являются: пополнение флота новыми судами, оптимизация режимов работы судового оборудования при помощи АСУ и бортовых ЭВМ; внедрение новых систем топливоподготовки, многофункциональных присадок к топливу, необрастающих покрытий корпусов судов; внедрение систем глубокой утилизации теплоты отходящих газов судовых двигателей и утилизации нефтяных остатков на судах; развитие речных перевозок несамоходным флотом в крупнотоннажных составах; применение на речных судах дизелей с турбонаддувом; повышение нагрузок на единицу мощности двигателя, тяги, совершенствование эксплуатации энергетических установок и движителей судов; замещение нефтяного моторного топлива сжиженным природным газом,

Одним из наиболее иллюстративных примеров разрыва между ожиданиями общества и действительным положением вещей является проблема загрязнения воздуха с судов. Международная морская организация, объявившая девизом Всемирного дня мора 2009 г. «Изменение климата: вызов и для ИМО в том числе!» силами своего Комитета по предотвращению загрязнения морской среды проводит без преувеличения огромную работу по созданию стандартов нового поколения, целью которых является радикальное сокращение выбросов парниковых газов, окислов серы и азота. Со серпкой на данные Комитета, свидетельствующие о выбросе всеми о дами мира около 1 млрд 46 млн т углекислого газа в атмосферу в 2007 г., напомним об оценке суммарного выброса к 2050 г. — он, если не принять срочных мер, может увеличиться в 3,5 раза!

Для того чтобы снять с судоходства «ярлык» одного из основных загрязнителей атмосферы, оно должно пройти достаточно тяжёлое испытание, предусма ривающее подтверждение его соответствия новому Приложению М к Конвенции МАРПОЛ. При этом, как свидетельствуют специалисты, процесс проверок и испытаний судовых силовых установок окажется весьма длительным и затратным. Поэтому альтернативным вариантом может оказаться совершенствование систем очистки выхлопных газов и, в частности, систем рециркуляции, однако такие системы занимают много места и, объективно увеличивая объём машиных помещений, будут снижать полезную грузовместимость судна. Для поиска оптимального решения необходимо построение соответствующих моделей и их многофакторный анализ. Как нам кажется, одним из возможных ответов на решение проблемы может оказаться использование газообразного топлива, хотя бы для определённого диапазона размеров и мощностей. В связи с этим можно лишь приветствовать

принятие КБМ ИМО на его 86-й сессии временного Руководства по безопасности судов, использующих в качестве топлива газ.

Существует достаточно широкий потенциал технических и эксплуатационных мер для снижения выброса парниковых газов с судов, и его эффективность может характеризоваться показателями от 25 до 75 % уменьшения по отношению к существующему уровню. Из указанных величин снижения около 20 % могут быть достигнуты бесплатно или ценой весьма невысоких расходов. К водному транспорту предъявлены новые, весьма жёсткие требования, и для обеспечения соответствия необходимо координировать действия с другими видами промышленно сти и транспорта. Основными мерами по снижению выбросов диоксила углерода являются совершенствование конструкции корпуса и надстройки судов, силовой и пропульсивной систем, применение новых топлив, а также организационные меры по оптимизации управления флотом. Наиболее заметной тенденцией в мировом судостроении является рост применения энергетически эффективного судового оборудования. Лидером в этом направлении является Япония, которая достигла значительного прогресса в строительстве энергоэффективных судов и производстве оборудования (табл. 2.3).

Таблица 2.3 Оценка потенциала сокращения выбросов

	(7.36	_	
Факторы, влияющие на энергоэффективность судов	Экономия СО /т на милю, %	Совместный, %	Совместный, %
ПРОЕКТИРОВАН	ИЕ (новые суда)		
Концепция, скорость и мощность	2-50		
Корпус и надстройка	2-20		
Силовая и пропульсивная системы	5 - 5		
Топливо с низким содержанием углерода	5 – 5	10 – 50	
Возобновляемый источник энергии	1 – 10		25 75
Сокращение $CO_2$ в выхлопных газах	0		25 – 75
ЭКСПЛУАТАЦ	ИЯ (все суда)		
Управление флотом, логистика и стимулирование	5 – 50		
Оптимизация рейса	1 – 10	10 – 50	
Управление энергоэффективностью	1 – 10		

Большой интерес представляет японская техническая политика в той области, которая проводит исследования и разработку инновационных энергосберегающих технологий, чтобы достичь цели 30 %-го сокращения выбросов углекислого газа новыми судами. Японскими проектировщиками и конструкторами разрабатываются продвинутые технологии по производству чистых морских дизельных судов для сокращения выбросов углекислого газа и оксидов азота. Поставленная Японией цель сокращения выбросов оксидов азота судами, разработанными на японских судостроительных верфях, на 80 % к 2011 г. и приведения потребления топлива в соответствие с требованиями MARPOL 73/78 Приложения 6 по Регуляции предотвращения загрязнения воздуха судами практически выполнена.

Созданы и введены в действие правила, устанавливающие границы содержания серы в топливе и требующие от судов, проходящих в японских территориальных водах, использовать двигатели, соответствующие самым передовым стандартам по выбросу оксидов азота и содержанию серы. Согласно проекту под названием «Суперчистый судовой дизель», финансируемый Министерством территории, инфраструктуры, транспорта и туризма Японии, была разработан метод улучшения процесса сгорания топлива, что привело к разработке революционного судна прибрежного правания, которое оснащено электрической энергетической установкой, что позволяет резко сократить выбросы оксидов азота, углекислого газа, оксидов серы, звукового загрязнения и вибраций. На настоящий момент несколько супер-экосудов уже находятся в эксплуатации, а еще несколько — в стадии строительства. Таким образом, японский опыт свидетельствует, что только инновационная деятельность в области судостроения и судовой энергетики, позволит/достичь поставленной цели — повышения энергоэкологической эффективности и снижения выбросов парниковых газов водным транспортом.

Стратегия развития судостроительной промышленности [33] предусматривает повышение конкурентоспособности судостроения и судового машиностроения, который может быть достигнут только при комплексном подходе, направленном на повышение всех или, по крайней мере, большинства научно-технических показателей современного судна. Этот подход, безусловно, не исключает необходимость выбора приоритетов, к числу которых, на наш взгляд, прежде всего, относится задача повышения энергоэкологической эффективности судовой энергетики. На ее долю приходится 20 – 50 % стоимости судов и до 40 – 80 % их эксплуатационных расходов. Постоянный рост сто-

имости нефтепродуктов, ужесточающиеся экологические требования лелают эту залачу критически важной. Особенное внимание при этом должно быть уделено дизельным судовым энергетическим установкам, которые по-прежнему остаются наиболее распространённым, универсальным и належным типом первичного двигателя, применяемым более чем на 90 % судов и объектах морской техники. Развитие судовой ластоящее время открывает набольшие влективы к повышению инновационных показателей судна. Иначе существует опасность вместо физически изношенного, соль морально устаревший флот.

2.2. пецифические особенности функционивовать энергетики, на наш взгляд, в настоящее время открывает набольшие перспективы к повышению инновационных показателей судна.

злать морально устаревший флот.

### 2.2.1. Морские бассейны и внутренние водные пути

Морской транспорт [34], [35] осуществичет перевозки грузов и пассажиров с помощью судов по океанам, морям и морским каналам. Морской транспорт делят на каботажный перевозки между портами одной страны) и международный дальнего плавания. Пассажирские перевозки морским транспортом почти вытеснены воздушным транспортом и сохранились главным образом в качестве рекреационных круизов.

Вся морская акватория России поделена на пять морских бассейнов, в которых осуществляется работа по перевозке грузов и пассажиров (Балтийский, Северный, Черноморско-Азовский, Каспийский и Дальневосточный). К каждому из них тяготеют конкретные экономические районы. Морские районы, обусловленные удаленностью и экстремальными температурами, охватывает, прежде всего, Северный морской бассейн, через который осуществляются перевозки грузов четырёх прилегающих к нему экономических районов: Северного, Уральского, Западно-Сибирского и частично Восточно-Сибирского. Суда этого бассейна выполняют перевозки грузов для населения и предприятий всего побережья Крайнего Севера, т. е. осуцествляют большой каботаж между такими арктическими портами как Тикси, устьями рек Хатанги, Яны, Индигирки, Колымы и портом Певек. Северный морской путь проходит вдоль северных берегов России по морям Северного Ледовитого океана: Баренцеву, Карскому, Лаптевых, Восточно-Сибирскому, Чукотскому, и кратчайшим путем соединяет Европейскую часть России с Дальним Востоком. Протяжённость пути от Карских ворот до Берингова пролива составляет чуть больше 4500 км. Большая часть поверхности Северного Ледовитого океана покрыта льдами, поэтому плавание судов в этих районах возможно только при поддержке судов ледокольного флота, образующих специфическую часть инфраструктуры транспортного флота.

Северный бассейн занимает третье место в грузообороте России — 15,0 % отправленных грузов, после Дальневосточного (около 46,5 %) и Черноморско-Азовского (около 23,7 %). Однако данный регион характеризуется удаленностью и экстремальными температурами (рис. 2.3). В бассейне Северного Ледовитого океана выделяются два порта — Мурманск на побережье Баренцева моря и Архангельск на побережье Белого моря. На их долю приходится более половины трузооборота всего бассейна. Архангельск — специализированный лесоэкспортный порт России. Мурманск — единственный незамерзающий порт России на севере.

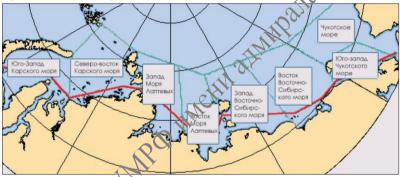


Рис. 2.3. Морекие бассейны РФ, обусловленные удаленностью и экстремальными температурами

Больное значение для обеспечения районов Крайнего Севера России имеют порты Диксон, Дудинка, Игарка, Тикси, Певек, расположенные на трассе Северного морского пути. В наиболее грузонапряженном западном секторе Севморпути (Мурманск – Дудинка) с помочны атомных ледоколов налажена круглогодичная навигация. На восточном участке (от Диксона до бухты Провидения) навигация ведется эпизодически.

Также к районам Крайнего севера частично относят Дальневосточный морской бассейн. В этом регионе морской транспорт для всего побережья от Берингова пролива до Владивостока является основным видом транспорта и выполняет малый и большой каботаж,

а также международные перевозки. Бассейн обладает первым местом в грузообороте морского транспорта России, охватывающего значительную территорию Дальневосточного экономического района. Через порты Дальневосточного бассейна (Александровск-Сахалинский, Владивосток, Магадан, Находка, Охотск, Петропавловск-Камчатский, Провидения, Советская Гавань, Усть-Камчатск, Холмск, Южно-Сахалинск) осуществляются внешнеторговые связи со странами Тихоокеанского региона, а также обеспечиваются транспортно-экономические связи с прибрежными регионами Дальнего Востока. К наиболее крупным здесь относятся морские порты на берегу Японского моря: Владивосток, Находка, расположенный около нее новый порт Восточный с крупными угольным и лесным терминалами, а также порт Ванино на линии железнодорожной морской паромной переправы Ванино – Холмск (о. Сахалин).

Речной транспорт [35] осуществляет перевозки дассажиров и грузов по водным путям — естественным (реки, озера) и искусственным (каналы, водохранилища). Выделяют: магистральные речные пути, обслуживающие внешнеторговые перевозки нескольких государств; межрайонные, обслуживающие перевозки между крупными районами внутри страны; местные, обслуживающие внутрирайонные связи.

Россия обладает большой и разретвленной сетью речных путей и озер. Однако существенную ромь он играет либо в тех регионах, где направления основных транспортно-экономических связей и речных путей совпадают (Волжоко-Камский речной бассейн в европейской части России), либо в слабо освоенных регионах с практически полным отсутствием альтернативных видов транспорта (Север и Северо-восток страны). В России насчитывается более 100 тыс. рек, имеющих общую протяжённость около 2,5 млн км, из них свыше 500 тыс. км пригодны для судоходства. Различаются магистральные речные пути, обслуживающие международные связи, межрайонные, обеспечивающие перевозки грузов и людей между крупными районами внутри страны, и местные, обеспечивающие внутрирайонные связи. Протяженность эксплуатируемых внутренних водных путей в России в последние десятилетия сокращается и в настоящее время составляет 89 тыс. км, также на речпом транспорте постоянно сокращается средняя дальность перевозки 1 т груза и в настоящее время с учетом всех видов речных сообщений она составляет менее 200 км. В настоящее время наблюдается сокращение объемов перевозок грузов и пассажиров речным транспортом, протяженности внутренних водных судоходных путей, уменьшается количество причалов.

Внутренние водные пути России территориально ны в 14 воднотранспортных бассейнах. Районами, обусловленными удаленностью и экстремальными температурами (районы ОУЭТ) объектов инфраструктуры водного транспорта. являются Северный воднотранспортный бассейн, через который осуществляются перевозки четырёх прилегающих к нему экономических районов (Северного, Уральского, Западно-Сибирского, Восточно-Сибирского) и частично Дальневосточный (всё побережье от Берингова пролива до Владивостока). Одним из ключевых фак торов, влияющих на эффективность работы водного транспорта является сезонность перевозок, определяющаяся, прежде всего температурными условиями. Меры по продлению навигации как в весенний, так и в осенний периоды, а также по ее поддержанию в течение навигации для объектов, обусловленных низкими температурами, требуют существенных финансовых затрат и повышенного расхода энергетических ресурсов.

Рассмотрим некоторые характеристики и климатические особенности работы объектов транспортной инфраструктуры в морских и речных районах, обусловленных удаленностью и экстремальными температурами.

Западная Сибирь простирается в меридиональном направлении от границ с Монголией и Китаем до Северного Ледовитого океана, а в широтном — от Урала до Енисея. По природным условиям делится на две существенно отличающиеся части: Западно-Сибирскую равнину и Алтайскую горную область. Климат в целом континентальный — с продолжительной зимой и сравнительно тёплым летом, особенно на юге, летом. Северная часть бассейна находится в зоне вечной мерэлоты в тундре. Вскрытие и замерзание рек в связи с их меридиональным направлением происходит в разное время. Продолжительность навигационного периода в северной части бассейна 120 — 140 дн., а в южной и центральной частях 180 — 190 дн. Необходимые путевые условия в бассейне обеспечивают соответствующие бассейновые управления, организующие, в том числе, проведение дноуглубительных работ для поддержания глубины судового хода. В устье Оби и в Обской губе условия плавания осложняются не только северными широтами и длительным ледоставом, но и воздействием холодного воздуха, поступающего с Карского моря. Здесь ежегодно бывает 50 - 80 дн. с сильными ветрами, иногда штормового характера. В связи с поздним освобождением ото льда 10 – 20 дн. суда работают в ледовых условиях. Аналогичны условия функционирования предприятий внутреннего водного транспорта и в других Сибирских регионах, однако роль этого вида транспорта чрезвычайно важна, поскольку водные пути зачастую являются единственной возможностью для выполнения массовых перевозок грузов в средней, и особенно в северной частях этих бассейнов.

Северный морской бассейн занимает западный сектор Арктики, включающий Белое, Баренцево и Карское моря Северного Ледовитого океана. Природные условия бассейна суровые. Климат арктический, охлаждающийся к востоку. Большая часть акватории покрыта дрей фующими льдами, а к северу от архипелагов Земля Франца Иослова и Северная Земля — постоянными (паковыми) льдами толимной 3 м и более. Навигация на море происходит при дрейфующих льдах, встречающихся в любой части, сильных осенних ветрах, приливах-отливах и сгонно-нагонных явлениях, достигающих в прибрежной части высоты 2 м. Береговая линия сложна и извилиста, Зимой температура воздуха может понижаться до минус 45 50 °C при частых штормовых ветрах. Лето короткое и холодное с пасмурной погодой и туманами. В бассейне имеется самостоятельное Управление ледокольного флота.

Дальневосточный морской бассейн объединяет моря Северного Ледовитого и Тихого океанов. Судоходные условия бассейна обуславливаются арктическим воздействием, приливами и постоянными морскими течениями. Для проводки судов в зимнее время используются мощные линейные ледоколы. Температура воздуха в северных морях бассейна (Лаптевых, Восточно-Сибирское, Чукотское) в январе достигает значений минус 26 – 30 °С. В северной части Охотского моря сплошной лёд держится шесть-семь месяцев, а у южного побережья Камчатки и Курильский островов — не более трёх месяцев.

### 2.2.2. Коньюнктура развития транспортных потоков

Для России, обладающей огромной континентальной ресурсообесистенной территорией, береговой чертой с развитым портовым хозяйством, системой речного хозяйства и магистралями железнодорожного, автомобильного, авиационного транспорта, главными стали вопросы эффективного хозяйствования для освоения территории Сибири и Дальнего Востока. Для подъёма национальной экономики и внешней торговли, а также для предоставления транспортных услуг иностранным государствам через территорию России необходимы цепи поставок по транспортным коридорам (рис. 2.4).



Рис. 2.4. Евроазиатские транспортные коридоры

Центрами промышленного роста становятся ресурсодобывающие регионы при наличии энергообеспечения, что способствует возникновению региональных транспортных терминалов на пересечении транспортных путей преимущественно на базе речных портов. При этом добывающая, перерабатывающая и транспортная задача должны рассматриваться в комписксе. В условиях современной сырьевой экономики России мы имеем минимальную прибыль, так как вывозим сырьё из-за отсутствия производящих мощностей и инвестиционного обеспечения их развития, а при недостаточных транспортных ресурсах не можем осваивать новые месторождения.

Размещение цепей поставок требует предварительного моделирования с учетом показателей транспортной деятельности по всем регионам. Морская прибрежная территория при наличии энергоресурсов и многообразии сырьевых грузопотоков требует развития коммерческого Северного морского пути. В моделях транспортного обеспечения перехода от сырьевой к промышленной стратегии явно недостаточна ставка на водно-геополитическую концепцию, результативно используемую в Европе. В наших зимних условиях она очевидно необходима

для освоения больших пространств и ресурсов России с опорой на региональные транспортно-логические терминалы. В связи с малым народонаселением кадры должны иметь сдвоенную профессию «обработчик (зимой) — транспортник (летом)». Лесная, нефтяная, газовая, угольная логистика с опорой на сезонные базисные оклады и первичную обработку, на региональные транспортные пути и магистральные реки могут загрузить евро-азиатские МТК, однако и они требуют существенного увеличения пропускной способности.

пропускные способности, чем железнодорожные магистрали и это не способствует приёму дополнительно региональных грузопотоков и подъёму Сибирских регионов.

Территория Сибири и Дальнего Востока имеют высокую плотность распределения ресурсов недр и лесов, и в обозримом будущем не предвидится возможности создания соответствующей плотности транспортной инфраструктуры с использованием в основном железнодорожных путей, как это предполагает «Стратегия 2030» [34]. Строительство наземных транспортных путей в условиях вечной мерзлоты требует высоких капиталовложений при строительстве и эксплуатационных расходов для поддержания их работоспособности. Таким образом, более востребованы речные пути с региональными промышленными терминалами и местной транспортной импраструктурой.

# 2.2.3. Основное доро водного транспорта — флот и инфраструктура его функционирования

Для реализации «Стратегии развития транспорта 2030» требуется создание не только транспортных средств — ядра водного транспорта — флота, но и обеспечения условий его функционирования — инфраструктуры, поэтому, прежде всего, необходимо определить, что же является инфраструктурой транспорта, в частности водного.

### Объекты инфраструктуры водного транспорта

Ряд словарей определяют понятие инфраструктуры как комплекса взаимосвязанных обслуживающих структур или объектов.

Технический регламент о безопасности объектов внутреннего воаного транспорта [35] устанавливает, что объектами инфраструктуры внутреннего водного транспорта являются: судовые ходы на внутренних водных путях; оградительное, берегоукрепительное гидротехническое сооружение порта; пассажирский терминал порта; перегрузочный комплекс порта; пассажирские и грузовые причалы и причальные сооружения; речные вокзалы и механизированные порты; склады портов. Всё указанное в полной мере относится и к объектам инфраструктуры морского транспорта. Работа основного ядра — флота — невозможна без обеспечения условий его непосредственного функционирования, что усложняется в условиях низких температур. Плановый, внеплановый ремонт корпуса судна, надстроек, судовых котлов и механизмов, движителей и насадок, трубопроводов, рулевых систем и так далее, а так же модернизацию судов осуществляют мастерские, заводы, верфи, судоремонтно-механические и судоремонтно-судостроительные заводы и ремонтно-эксплуатационные базы флота. Иными словами к объектам инфраструктуры также необходимо причислить судоремонтные базы и заводы (ССРЗ).

Таким образом, все объекты инфраструктуры водного транспорта можно подразделить на три основные группы:

- водные пути и гидросооружения;
- порты и транспортные терминалы;
- судоремонтные базы и заводы (ССРЗ).

Дополнительно к объектам инфраструктуры следует отнести ледокольный флот, вспомогательные суда, суда сопровождения и пр.

Специфика функционирования как основного ядра водного транспорта, так и различных объектов его инфраструктуры чрезвычайно разнообразна. В связи с этим п. 3 Распоряжения Правительства РФ от 27.09.2012 г. № 1794-р «О плане мероприятий по совершенствованию государственного регулирования в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности в Российской Федерации» [36], требует точнения используемых показателей энергетической эффективностилю отраслям (разработки отраслевых индексов энергоэффективности).

Именно для указанных групп инфраструктуры необходимо также формировать методологию установления *показателей энергетической* эффективности, а не только для основного ядра — флота.

# 2.3. Установление показателей энергетической эффективности водного транспорта

### 2.3.1. Анализ российского законодательства

Система законодательства в области повышения эффективности топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) в Российской Федерации находится в стадии становления. Многие законы РФ и разработанные проекты законов в области энергосбережения по своей идеологии суще-

ственно отличаются от аналогичных законов промышленно развитых стран. Корень различий кроется в практике регулирования, принятой в России, когда разрабатываются так называемые законы общего действия, механизмы реализации которых определяются ведомственными инструкциями. На Западе принимаются законы прямого действия.

В РФ Федеральный закон [10] «Об энергосбережении» от 03.04.1996 г. №28-ФЗ трактовал определение энергетической эффективности как абсолютную или удельную величину потребления или потери энергоресурсов для продукции любого назначения (ст. 1). В развитие этого ФЗ были разработаны и приняты Государственные стандарты РФ, [14] – [16].

Показатели энергоэффективности, характеризующие отношение затрат энергии (топлива) к производимой за то же время работе, имеет ряд уровней. Так, для дизеля — это расход топлива для производства дизелем работы — кг топлива/кВт·ч, для судна — расход топлива (за рейс, навигацию) к работе судна за то же время — кг топлива/т·км, для государства — расход ТЭР / ВВП. Эти показатели схожи с индексами ИМО (индексы EEDI и EEOI) без коэффициентов эмиссии  ${\rm CO_2}({\rm C_F})$  [21] — [24].

Федеральный закон № 261-ФЗ не только признал утратившим силу предыдущий ФЗ № 28-ФЗ [10], но и врес в ФЗ «О техническом регулировании» [7] дополнение: ст. 46 о не бходимости «обеспечения энергетической эффективности». ФЗ № 261 реализовал Указ Президента РФ от 04.06.2008 г. № 889 [9] опринятии мер по техническому регулированию, направленных на повышение энергетической и экологической эффективности ряда отраслей, в том числе транспорта, в целях снижения не менее чем на 40 % по сравнению с 2007 г. энергоемкости валового внутреннего продукта РФ.

Ст. 2 ФЗ № 261 трактует энергетическую эффективность как отношение полезного эффекта от использования ТЭР к затратам энергетических ресурсов, произведенным в целях получения такого эффекта. Это определение, не меняя составляющих, переворачивает прежние индексы «с ног на голову» — «обращает» их. Вероятно, ГОСТы РФ также претерпят подобную корректировку, но в настоящее время используются прежние показатели энергетической эффективности.

Так, Государственная программа РФ «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на период до 2020 г.» от 27.12.2010 г. [8] определяет в качестве показателя энергетической эффективности, например, для поездов железных дорог, отношение расхода топлива на электротягу (кг УТ/10 тыс.  $\tau$ -км) —  $\tau$ . е. рассматри-

вает показатели в рамках ГОСТ. Отдельно выделяют показатель снижения выбросов парниковых газов (млн т экв.  $CO_3$ ).

Таким образом, анализ основных российских нормативных актов в области повышения энергетической эффективности выявил отсутствие единого подхода к определению показателя энергетической эффективности (табл. 2.4).

Таблица 2.4 Подход к расчету показателя энергетической эффективности в различных нормативно-правовых документах, действующих в РФ

Энергетическая эффективность согласно	Укрупненный расчет показателя
Федеральный закон № 261-ФЗ	Полезный эффект от использования ТЭР затраты ТЭР на получение эффекта
Государственная программа Российской Федерации «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на период до 2020 года»	Затраты ТЭР на получение эффекта / полезный эффект от использования ТЭР

Иными словами, нет единого мнения, что к чему относить: продукцию к расходу энергии, или расход энергии к продукции.

Учитывая, что в августе 2012 г. Россия стала членом ВТО, для уточнения научных подходов к определению показателей энергетической эффективности объектов и инфраструктуры водного транспорта целесообразно исследовать требования международных организаций к определению показателей энергетической эффективности (Международного энергетического агентства и Международной морской организации).

### 2.3.2. Энергетические индикаторы Международного энергетического агентства

Департамент энергетических технологий Международного энеретического агентства (МЭА) в материалах семинара для новых независимых государств «Проект по обучению и содействию» (Pierpaolo Cazzola). Энергетические индикаторы МЭА. ОЕСД / IEA, 2006) предлагает ряд энергетических индикаторов, дающих возможность анализировать и понимать причины изменений при потреблении энергии. Макроэкономические энергетические индикаторы могут использоваться на национальном и региональном уровне, а при дезагрегировании и на уровне различных объектов.

База данных МЭА по индикаторам обеспечивает информацию по шести макросекторам экономики.

- 1. Обрабатывающая промышленность.
- 2. Торговля и услуги.

всей потребляемой энергии и такую же долю выбросов СО

о. Другие промышленности.
В определенных случаях эти секторы составляют около 80 м от потребляемой энергии и такую же долю выбросов СО.
По данным МЭА, на морскую бункеровку пот ного энергопотребления конечного энергопотребления, она (бункеровка) оказывает незначительное влияние на общие результаты, поэтому данные по морской бункеровке изъяты из анализа МЭА. При этом, разлинают энергетические индикаторы и индикаторы выбросов СО.

К энергетическим индикаторам относят суммарное энергопотребление, включающее ряд составляющих, в том числе — общая деятельность в секторе, энергоемкость, суммарное потребление топлива и др. В базе данных МЭА по энергетическим индикаторам для грузового и пассажирского транспорта энергопотребление выражено на основе пассажиро-километров или тонно-километров. Другие индикаторы выражают, например, коэффициент занятости пассажирских или грузовых мест на одно транспортное средство или величину энергии, потребленной на одно транспортное средство на 1 км пути (интенсивность) и т. п.

Энергоемкость определяется двумя способами:

- 1) как конечное потребление энергии на единицу деятельности;
- 2) как технико-экономическое соотношение, связывающее энергопотребление с индикатором активности, выраженным в физических единицах (например, литры дизельного топлива на километр пробега автомобиля, джоулей на 1 т цемента, кВт·ч на холодильник или на жилое помещение и т. д.), называемое удельным расходом.

При дезагрегировании предлагаются и другие энергетические ин-

Индикаторы выбросов разделяют на углеродоемкость (коэффициент содержания углерода) и удельные выборы  ${\rm CO_2}$  (например, на тонну произведенного цемента).

Коэффициенты содержания углерода для первичного ископаемого топлива были взяты из МГЭИК (ІРСС, 1995). Умножая данные по каждому виду топлива на соответствующий коэффициент выбросов, получают выбросы  ${\rm CO}_2$  на единицу деятельности, т. е. удельные выбросы  ${\rm CO}_2$  Так, например, среднегодовое значение коэффициента содержания углерода для производства электроэнергии и теплоты определяется как произведение количества потребленного первичного топлива (кг) на количество углерода в единице топлива (кг С/кг топл.), деленное на конечный объем произведенной электроэнергии (конечная размерность — кг С/кВт·ч. Умножая полученный результат на «Конверсионный фактор приведения расхода топлива к выбросам  ${\rm CO}_2$ » (в трактовке ИМО), получаем величину удельных среднеголовых выбросов  ${\rm CO}_2$  (кг  ${\rm CO}_2$  на единицу годовой продукции). Для судна величина удельных среднегодовых выбросов  ${\rm CO}_2$  определится делением на годовую продукцию судна, выраженную в тонно-километрах (милях).

Таким образом, в качестве базового показателя / индикатора энергетической эффективности Международное энергетическое агентство определяет отношение потребления энергии к произведенной продукции (в большинстве своем идентичное показателю удельного расхода). Важным индикатором энергопотребления МЭА выделяет так же удельные выбросы  $\mathrm{CO}_2$  (объем энергопотребления в расчете на единицу продукции, пересчитанный на основе коэффициентов содержания углерода).

### 2.3.3. Требования Международной морской организации

Международная морская организация (ИМО) является специальным агентством ООН, ответственным за глобальное регулирование всех аспектов международного судоходства, играет ключевую роль в обеспечении безопасности человеческой жизни на море и предотвращении загрязнения окружающей среды с судов.

Для расчета показателя энергетической эффективности МЭА использует не абсолютное энергопотребление, а выбросы  $\mathrm{CO}_2$ . Так, на основе расчета объема выбросов парниковых газов с судов разработаны следующие документы, регламентирующие определение показателей обеспечение энергетической эффективности.

- 1. MERC.1/Circ. 681 от 17.08.2009 г. «Временные руководящие принципы в методе вычисления проектного индекса энергетической эффективности для новых судов» (EEDI) [21].
- 2. MERC.1/Circ. 682 от 17.08.2009 г. «Временные руководящие принципы добровольной проверки индекса энергетической эффективности» [22].

- 3. MERC.1/Circ. 683 от 17.08.2009 г. «Руководство для разработки плана управления энергетической эффективностью судна» (SEEMP) [23].
- 4. MERC.1/Circ. 684 от 17.08.2009 г. «Руководящие принципы добровольного использования действующего (эксплуатационного) показателя (индикатора) энергетической эффективности судна» (EEOI) [24].

В соответствии с Резолюцией ИМО MERC.203 (62) введены поправки к Приложению VI к MARPOL $^{\rm 1}$  по техническим мерам сокращения выбросов парниковых газов с судов, вступившие в силу с 01.01.2013 г.

Установлены два основных требования.

- 1. Для каждого нового судна валовой вместимостью 400 т и более должны быть определены *Требуемый* и *Допустимый конструктивные коэффициенты энергетической эффективности* (EEDI).
- 2. На каждом новом или существующем судне валовой вместимостью 400 т и более должен иметься и выполняться *Судовой план* управления энергоэффективностью судна (SEEMP).

Достигнутый EEDI должен определяться в соответствии с пересмотренным «Руководством ИМО по методу расчета конструктивного коэффициента энергетической эффективности для новых судов 2012», приведенном в Резолюции MERC 212 (63). Судовой план управления энергоэффективностью судна (SEEMR) разрабатывается компанией для каждого судна с использованием жеплуатационного коэффициента энергетической эффективности (EEOI) в соответствии с рекомендациями MERC.1/Circ. 684 от 17.08,2009 г., но могут быть использованы и иные показатели.

В Российской Федерации был принят Технический регламент «О безопасности объектов внутреннего водного транспорта» [35] в свете которого Центр разработки правил Российского речного Регистра в 2011 г. выполнил работу «Разработка предложений по установлению критерия энергетической эффективности для судов в постройке и эксплуатации», в которой производится анализ предлагаемых ИМО индексов эффективности использования энергии.

Рассмотрим и соотнесем толкования понятия «энергетическая эффективность» различными документами, как приведенными выше международными, так и отечественными.

Проектный (конструктивный) индикатор (индекс) энергетической эффективности для новых судов EEDI (в русском переводе — Индекс эффективности использования энергии — ИЭИЭ) и эксплуатационный критерий (показатель, индикатор) энергетической эффективности суд-

 $<sup>^{1}</sup>$  MARPOL (МАРПОЛ) — Международная конвенция по предотвращению загрязнения с судов.

на EEOI имеет одинаковый физический смысл: отношение количества произведенного парникового газа  ${\rm CO_2}$  к величине транспортной работы судна за определенный период времени (рейс, год и т. д.) и различаются лишь способом подсчета составляющих:

EEOI = 
$$\frac{(M_{\text{TЭРпроект}} C_F)}{A_{\text{проект}}} \stackrel{\text{MaccaCO}_2}{\longrightarrow} \begin{array}{c} \\ \text{T · KM} \end{array}$$

$$\text{EEOI} = \frac{(M_{\text{ТЭРфакт}} C_F)}{A_{\text{факт}}} \stackrel{\text{Macca CO}_2}{\longrightarrow} \begin{array}{c} \\ \text{T · KM} \end{array}$$

$$(2.1)$$

где  $M_{\text{тэр проект}}$  ,  $M_{\text{тэр факт}}$  — проектное и действительное потребление гоплива всеми судовыми потребителями энергии, кг топл./рейс,  $A_{\text{проект}}$  ,  $A_{\text{факт}}$  — проектная и действительная произведенная работа судна, т $\cdot$ км/рейс;  $C_F$  — безразмерный конверсионный фактор приведения расхода топлива к выбросам  $CO_2$ , кг  $CO_2$  кг топлива.

Из анализа физического смысла формул (2.1) м (2.2) следует, что индексы EEDI и EEOI являются не столько показателями энергетической эффективности судна, сколько показателями генерации парникового газа  $\mathrm{CO}_2$ , причем не учитывающими генерацию  $\mathrm{CO}_2$  от выгорания органической смазки двигателей.

Таким образом, оба показателя ИМО отражают взаимосвязи трёх факторов:

- расход топлива;
- приведение этого расхода к выбросам CO<sub>2</sub>;
- работа (судовой энергетической установки, судна в целом, судоходной компании).

К объектам внутреннего водного транспорта, кроме указанных, относятся также и судоходные компании, а не только отдельные строящиеся и эксплуатируемые суда.

В свете изложенного, следует различать локальные и интегральные показатели энергетической эффективности. Локализация показателей происходит как по времени (час, рейс, навигация, год), так и по виду объектов (тип двигателя, тип и назначение судна, судоходная компания и т. п.). Так, уточненная формула показателя ИМО ЕЕDI учитывает часовой расход топлива каждым судовым потребителем и скорость движения судна в милях за час. По нашему мнению этот показатель является локальным. Показатель энергетической эффективности для железных дорог, например, оценивающий отношение затрат энергии на 10 тыс. т.км, является интегральным.

Таким образом, сопоставление энергетических индикаторов МЭА и коэффициентов EEDI и EEOI, предлагаемых ИМО, показывает некорректность названия последних как коэффициентов энергоэффективности. И международные индикаторы МЭА, и отечественные показатели (ГОСТ Р 51749-2001) определяют энергоэффективность как отношение затрат энергии к величине произведенной продукции (двигателем, судном, государством). Коэффициенты ИМО EEDI и EEOI характеризуют величины удельных выбросов СО<sub>2</sub>, безусловно зависящих от энергетической эффективности использования на судне энергии — первичного топлива.

Можно констатировать, что показатели энергетической энфективности, предлагаемые главными отечественными документами, после умножения последних на безразмерный конверсионный фактор соотношения между генерацией  $\mathrm{CO}_2$  и потребляемым топливом ( $\mathrm{C}_p$ ) полностью корреспондируются с показателями ИМО как для проектируемых судов (EEDI), так и для судов, находящихся в эксплуатации (EEOI).

Связь повышения эффективности использования энергии со снижением выбросов парниковых газов формирует необходимость рассмотрения комплекса энергоэкологических задач, часто рассматриваемых отдельно, в то время как подобные волросы требуют системного подхода. Несмотря на определенную кекорректность в названии и локальность коэффициентов ИМО EEDI; их анализ (поскольку они приняты директивно и их следует исполнять) позволяет применить системный подход к решению энергоэкологической задачи и сформулировать пути снижения этих коэффициентов.

Коэффициенты EEDI и EEOI без фактора приведения расходуемого топлива к выбросам  ${\rm CO}_2$  превращаются в показатели энергетической эффективности, изменение которых составляет сущность энергосберегающей политики.

2.3.4 Показатели энергетической эффективности, установленные Федеральной службой по тарифам Российской Федерации

Деятельность по оказанию услуг в портах и (или) транспортных терминалах, а так же услуг по использованию инфраструктуры внутренних водных путей, осуществляемых субъектами естественных монополий на транспорте, регулируется государством. Согласно Приказам Федеральной службы по тарифам (ФСТ России) [37], [38], для водных путей и портов установлены два единых целевых показателя повышения энергетической эффективности (табл. 2.5).

### Пелевые показатели энергетической эффективности. установленные ФСТ России для субъектов естественных монополий на транспорте

Целевой показатель	Ед. изм.	
Снижение энергоемкости производственной деятельности ( $\Delta E$ )	%	200
Повышение энергоэффективности производственной деятельности (ΔЭ)	%	ROBE
При идентичности показателей, их расчет для группры качественно различается видами осуществляемых ракак следует из табл. 2.5, выбранные показательют условиям как ФЗ № 261, так и Государственной «Энергосбережение и повышение энергетической эфе	бот 1 удовлетворя программы РФ	-

ют условиям как ФЗ № 261. так и Государственной программы РФ «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на период до 2020 г.» [8] и ГОСТ [14] – [16].

В заключение важно отметить, что помим разработки методики расчета показателей энергетической эффективности объектов инфраструктуры водного транспорта, актуальным является поиск вариантов определения единого для подотрасли индекса/показателя энергетической эффективности, учитывающего влияние на него объектов инфраструктуры во всем их многообразии и специфике. При всей актуальности, последнее выходит за рамки задач, поставленных настоящей монографией.

### 2.4. Анализ структуры технологического потребления топливно-энергетических ресурсов объектами флота и инфраструктуры водного транспорта Российской Федерации

.4.1. Система управления флотом и транспортной инфраструктурой морского и речного транспорта

Важным фактором в вопросах обеспечения эффективности в том числе энергетической) работы объектов водного транспорта является их форма собственности и подведомственность. Общее количество судов морского транспортного флота, контролируемого Россией, по состоянию на 24 октября 2012 г. составляет 1435 судов общим дедвейтом 20027 тыс. т, валовой вместимостью 13214,1 тыс. т (табл. 2.6).

## Морской транспортный флот, контролируемый Россией по состоянию на 24.10.2012

		Наличие	флота
Флот регистрации / компания	Количество судов, ед.	Дедвейт, тыс. т	Валовая вместимость (GT), т
1. Флот под флагом России	1092	5254,0	4213,6
в том числе зарегистрированный в Международном Реестре Судов	341	2061,2	1602,2
2. Флот под иностранным флагом, контролируемый Россией	343	14772,9	9000,5
Всего национальный и контролируемый флот России	1435	20027,0	13214,1

Возрастная структура морского флота, контролируемого Россией, такова:

- флот морских пароходств средний возраст судов (по числу судов) на начало 2008 г. составляет 25,8 года;
  - флот прочих судоходных компаний 24,6 года;
  - флот оффшорных компаний 10,8 лет;
  - − флот ОАО «Совкомфлот» 8,1 года.

Таким образом, можно отметить, что средний возраст судов под флагом Российской Федерации составляет более 25,2 года, а под иностранными флагами 9,4 года. Доля судов возрастом свыше 15 лет в составе флота морских пароходств составляет более 75 %, прочих судоходных компаний — 71 %, а в составе флота под иностранными флагами таких судов всего 10 %. Эти суда, как правило, оснащены одновальными энергетическими установками с малооборотными крейцкопфными двигателям с прямой передачей мощности на гребной винт, достаточно высоким удельными расходами топлива по сравнению с современными двисателями аналогичной конструкции, а соответственно и большими выбросами диоксида углерода. В настоящее время в составе речного флота находится около 25 тыс. судов внутреннего и смешанного «река – море» плавания валовой вместимостью свыше 11 млн т, с установленной мощностью главных двигателей свыше 5 млн кВт., средняя мощность которых лежит в диапазоне от 1270 кВт у ледоколов, 820 кВт у земснарядов, 700 кВт у наливных судов и до 100 – 300 кВт у большинства остальных типов судов (табл. 2.7).

### Состав речного флота России

Cociab pe moi o quiota i ocenn					
	Наличие флота				
Назначение	Количество судов, ед.	Валовая вместимость (GT), т	Мощность главных двигателей, кВт	Средняя суммарная мощность главных двигателей кВт/ед. на судно	
Грузовые сухогрузные (в том числе цементовозы, рефрижераторы, промысловотранспортные)	1256	1254079	621729	495	
Грузовые наливные (в том числе сухогрузно- наливные, молоковозы, газовозы)	707	1059200	493828	698	
Пассажирские и грузопассажирские (в том числе плаврестораны и кафе)	1568	714372	701345	449	
Буксирные (в том числе толкачи и буксиры- толкачи)	5881	670828	1673222	285	
Краны плавучие	68	34751	28526	420	
Земснаряды	110	66166	89540	814	
Грунтоотвозные (шаланды)	(P3C)	42239	28132	229	
Мотозавозни	226	7175	24550	109	
Природоохранные	45	2926	6884	153	
Паромы	202	43905	37571	186	
Ледоколы	68	35300	86114	1266	
Спасательные (в том числе водолазные боты и пожарные)	357	12402	77969	218	
Разъездные	3686	123017	584880	159	
Станции подогрева и очистки (в том числе пропаривания, приема сточных и нефтесодержащих вод)	212	50799	27805	131	
Станции технического обслуживания и ремонта	31	1457	3178	103	

Обстановочные суда	704	36864	92038	131
Рыбопромысловые	100	8852	13932	139
Суда специального назначения (научно- исследовательские, экспедиционные, гидрографические, учебные суда и т. п.)	74	10729	22454	303
Прочие самоходные	86	8553	18459	215
Краны плавучие (несамоходные, нетранспортные)	1169	439379	324890	278 1 212
Земснаряды (несамоходные, нетранспортные)	384	143627	102767	268
Доки, доки-кессоны, кренователи	139	192886	2256	16
Гидроперегружатели и зерноперегружатели	64	23887	29546	462
Итого:	25817	11044241	5202743	202

Источник: http://www.riverfleet.ru/ Информационные ресурсы: http://www.ndrinfocenter.ru/inland\_wfleet.asp

По данным ФГУ «Российский Речной Регистр» С. В. Преснова [39], средний возраст судов внутреннего и смешанного (река — море) плавания составляет 30 лет. Ориентиро-вочная мощность главных судовых двигателей (L малооборотные, m — среднеоборотные) в зависимости от типа и полного водоизмещения (GRT) судов (по данным канд. техн. наук Л А Новикова) приведена в табл. 2.8.

Таблица 2.8 Мощность главных судовых двигателей

Тип судна	Ориентировочная мощность главных двигателей в зависимости от полного водоизмещения, кВт					
	< 500 GRT	500 – 999 GRT	1000 – 4999 GRT	5000 – 9999 GRT	10000 – 49999 GRT	≥ 50000 GRT
Танкеры для нефтепродуктов	600 (m)	950 (m)	2200 (m)	4300 (L or m)	600 (L)	600 (L)
Балкеры для сухих грузов	550 (m)	750 (m)	2700 (m)	5000 (L or m)	8800 (L)	170000 (L)

### Окончание табл. 2.8

Балкеры для общих грузов	550 (m)	950 (m)	1800 (m)	5500 (L or m)	8500 (L)	1
Пассажирско- грузовые	450 (m)	900 (m)	2850 (m)	6450 (L or m)	12600 (L)	-
Контейне- ровозы	1000 (m)	1750 (m)	2950 (m)	6000 (L or m)	17200 (L)	35000 (L)
Грузовые рефрижераторы	900 (m)	900 (m)	3100 (m)	8850 (L or m)	10000 (L)	-29
Суда типа RO-RO	1500 (m)	1900 (m)	4300 (m)	7200 (L or m)	11600 (L)	12550 (L)
Пассажирские	550 (m)	_	3350 (m)	7800 (L or m)	16800 (L or m)	50000 (m)
Рыболовные траулеры	650 (m)	800 (m)	2300 (m)	5300 (m)	5400 (L)	-
Буксиры	3000 (m)	4050 (m)	6450 (m)	9W	_	_
Суда другого назначения	500 (m)	900 (m)	3300 (m)	7650 (IL or m)	8500 (L or m)	(L)

Ориентировочный расход тогийва, а, следовательно, и выброс диоксида углерода, могут быть также определены по данным канд. техн. наук Л. А. Новикова, ириведенным в табл. 2.9.

Таблица 2.9 Ориентировочный расход топлива судовыми дизелями

Тип судиа	Расход топлива на стоянке, т/сут	Средний расход при движении, т/сут	Формула для расчета расхода при работе на номинальной мощности (т/сут) в зависимости от полного водоизмещения (GT)
Балкеры для сухих грузов	8,5	33,8	20.186+0,00049·GT
Балкеры для жидких грузов	10,3	41,1	14.685+0,00079·GT
Суднодля общих грузов	5,3	21,3	9.8197+0,00143·GT
Контейнеровозы	16,5	65,9	8.0552+0,00235·GT
Суда типа RO-RO	8,1	32,3	12.834+0,00156·GT
Пассажирские	17,6	70,2	16.904+0,00198·GT
Высокоскоростные паромы	20,1	80,4	39.483+0,00972·GT

Грузовой внутреннего плавания	5,3	21,3	9.8197+0,00143·GT
Буксиры	3,6	14,4	5.6511+0,01048·GT
Рыболовные	1,4	5,5	1.9387+0,00448·GT
Суда другого назначения	6,6	26,4	9.7126+0,00091·GT

На морских транспортных судах, как правило, установлены малооборотные крейцкопфные двигатели с прямой передачей мощности на гребной винт и с удельным эффективным расходом топлива 175 185 г/кВт-ч. На судах внутреннего и смешанного река — море плавания оснащены двухвальными энергетическими установками со среднеи высокооборотными двигателями относительно невысокой мощности, прямой или реверс-редукторной передачей мощности на гребные винты, с удельным эффективным расходом топлива 195 — 225 г/кВт-ч. Таким образом, наиболее остро проблема повышения топливной экономичности и сокращения выбросов парниковых газов стоит у судов внутреннего и смешанного река-море плавания, которая, кроме невысокой экономичности применяемых судовых дизелей, усугубляется повышенными механическими потерями в реверс-редукторных передачах [40], [41].

В соответствии со стратегией развития судостроительной промышленности потребности России в морской технике гражданского назначения оцениваются следующим образом: атомные ледоколы мощностью до 100 МВт 5 – 6 ед., дизель-электрические ледоколы нового поколения — 10 12 ед., научно-исследовательские суда — 6 – 8 ед., плавучие атомные электростанции для северных регионов — 5-6 ед., газовозы ледового класса — 10-12 ед., разведочные и добывающие платформы — 25 – 30 ед., суда обеспечения — 35 – 40 ед., танкеры (в том числе дедвейтом свыше 70 тыс. т), балкеры и химовозы — до 80 ед., паромы и грузопассажирские суда — 6 – 8 ед., морские промысловые суда (большие, среднетоннажные и малые) до 165 ед., другие суда для обновления российского флота (лесовозы, внутреннего и смешанного «река – море» плавания, технический илот и др.) — до 300 ед. Таким образом, в ближайшее время предстоит построить около 600 судов.

Структурным подразделением Министерства транспорта, ответственным за управление объектами водного транспорта является Федеральное агентство морского и речного транспорта. Перечень объектов, подведомственных Росморречфлоту, представлен на рис. 2.5 [42].



 $\it Puc.~2.5.~$  Объекты, подведомственные Федеральному Агентству морского и речного транспорта

Как уже указывалось, все объекты инфраструктуры водного транспорта можно подразделить на три основные группы:

- водные пути и гидросооружения;
- порты и транспортные терминалы;
- судоремонтные базы и заводы (ССРЗ)

Из рис. 2.5 следует, что в отличие от судоремонтных заводов, такие группы объектов инфраструктуры водного транспорта как водные пути и порты являются подведомственными Росморречфлоту. Рассмотрим более подробно задачи и состав основных объектов и технологических служб каждой из трёх групп организаций инфраструктуры морского и речного транспорта.

#### Водные пути и сигротехнические сооружения

Инфраструктура внутренних водных путей (ВВП) обслуживается Государственными бассейновыми управлениями водных путей и судоходства (ГБУВП и С). Внутренние водные пути — это сложный комплекс инженерных объектов, включающий в себя тысячи километров эксплуатируемых водных путей, шлюзы с различным напором, гидроэлектростанции, земляные плотины и дамбы, паромные переправы, мостовые переходы, маяки, сотни, а иногда тысячи знаков судоходной обстановки, десятки и в ряде случаев сотни единиц обслуживающего флота.

Ж гидротехническим сооружениям, обслуживающим отрасль водного транспорта относят: судоходные каналы, плотины, шлюзы, транспортные судоподъемники. Напорные гидротехнические сооружения транспортного назначения часто предназначены одновременно для решения целого ряда задач, относящихся к различным отраслям экономики, энергетики, транспорта, водоснабжения, орошения и др.

К основным сооружениям гидроузлов относят плотины, создающие напор, водосбросные сооружения, лёдо- и шугасбросные сооружения, регуляционные ограждающие дамбы и проч. Специальные сооружения гидроузла весьма разнообразны, включают судопропускные сооружения, рыбоходы и рыбоприёмники, плотоходы, устройства для лесосплава и т. п. На экономические и энергетические показатели гидроузла существенно влияет конструкция шлюза (однокамерный, многокамерный, многоступенчатый, однониточный и т. д.)

Судоходным каналом называют искусственное русло правильной формы, устроенное обычно в открытой выемке, обеспечивающее судоходство там, где оно ранее не могло быть осуществлено либо вообще, либо для судов необходимых габаритов. Иногда каналы проходят в тоннелях. Судоходные каналы позволили создать на территории Российской Федерации единую глубоководную систему протяженностью 6 467 км. Кроме нее на территории России имеются другие водные пути, на которых поддерживаются гарантированные для судоходства глубины.

Судоподъёмник транспортный предназначен для перемещения судна или группы судов в камере или вместе с камерой, одного уровня до другого с использованием механических устройств.

К путевым работам относят: водные изыскания и исследования, выправление русел рек, дноуглубление, регулирование стока рек, руслоочищение, установка навигационных ограждений. Около 340 ед. дноуглубительной техники ежегодно извлекают со дна водоёмов в пределах судового хода около 360 млн м³ грунта, обеспечивая гарантийные габариты на протяжении около 67 тыс. км водных путей. Для безопасного движения судов на внутренних водных путях установлено около 115 тыс. знаков судоходной обстановки, из них около 77 тыс. электрифицированных, обеспечивающих круглосуточные движения судов. Проведение путевых работ, в том числе работ по устройствам и содержанию рейдов в портах общего пользования и подходов к причалам общего пользования, а так же содержание судоходных гидротехнических сооружений порганизация технологической связи организаций внутреннего водното транспорта осуществляется Государственными бассейновыми управлениями водных путей и судоходства (ГБУВП и С) [39].

Являясь субъектами естественных монополий, ГБУВП и С осуществляют регулируемые государством работы (услуги) (на основе централизованно утвержденных ставок, сборов) и услуги, предоставляемые на основании договорных цен. В табл. 2.10 приведен перечень

регулируемых работ (услуг) в зависимости от объектов, находящихся в ведении ГБУВП и С.

Таблица 2.10

# Перечень услуг субъектов естественных монополий по использованию инфраструктуры внутренних водных путей, цены (тарифы, сборы) на которые регулируются государством<sup>2</sup>

Наименование вида услуг
Обеспечение безопасности плавания судов по внутренним водным путям
Навигационно-гидрографическое обеспечение условий плавания судов по внутренним водным путям
Обеспечение лоцманской проводки судов
Ледокольное обеспечение в зимних условиях навигации
Обеспечение прохода судов по судоходным гидротехническим сооружениям
Обеспечение прохода иностранных судов по внутрениим водным путям

К услугам, предоставляемым на основании договорных цен, могут относиться:

- аварийно-спасательное обеспечение судов (осуществляется аварийно-спасательным судном);
- услуги по сбору подсланевых вод, хозфекальных вод и сухого мусора (осуществляются теглоходом нефтемусоросборщиком);
- услуги по оказанию помощи при швартовке судов к причалам (осуществляются буксирными судами);
- буксировка судов и иных плавучих объектов, перевозка грузов (осуществляется буксирными теплоходами и буксирами-толкачами, а так же конвенционными баржами-площадками и бункерными баржами);
- водолазные работы (судоподъемные, подводно-технические, судовые водолазные, аварийно-спасательные и т. д);

прочие услуги (изготовление, корректура и продажа бумажных и электронных навигационных карт, а также пособий для плавания по внутренним водным путям и др.).

Как следует из перечня работ (услуг), осуществляемых ГБУВП и С, показатели повышения энергетической эффективности и энергосбережения при таком многообразии видов деятельности, требуют дополнительного изучения и формализации.

² Утвержден Постановлением Правительства РФ от 23.04.2008 г. № 293

#### Порты и транспортные терминалы

Основное назначение порта — выполнение операций по передаче грузов и пассажиров между водным и сухопутными видами транспорта и обеспечение обслуживания и безопасности судов.

Современный торговый порт представляет собой комплекс гидротехнических и береговых сооружений, зданий различного назначения, перегрузочного оборудования, энергетических устройств и инженерных коммуникаций. К портовому хозяйству относится также служебно-вспомогательный флот. Площадь морского порта делится на двечасти — морскую (акватория) и береговую (территория). Различают внешнюю и внутреннюю акватории. К внешним относят морские подходы, включая подходные каналы, и внешний рейд для отстоя судов в ожидании грузовой обработки. Внутренняя акватория включает внутренний рейд, портовые бассейны и оперативные акватории у причалов. В ряде портов, где уровни колебания воды значительные вследствие приливно-отливных явлений, построены шлюзы, позволяющие поддерживать постоянный уровень на внутренней акватории порта.

Выполнение многосторонних функций порта обеспечивается всем комплексом инженерных сооружений и оборудованием, размещенным на территории порта. Основные сооружения порта — это причальные сооружения, у которых швартуются с да. К основному оборудованию относят перегрузочные машины, склады и внутрипортовый транспорт, принимающий непосредственное участие в передаче грузов с судов на сухопутный транспорт. Успешная работа основного оборудования обеспечивается вспомокательным оборудованием, образующим инфраструктуру территории порта: системы электроснабжения, теплоснабжение, водоснабжение, ливневой и производственно-бытовой канализации с очистными сооружениями, все виды связи, ремонтные службы и средства, административно-хозяйственные службы, пожарная служба и охрана недостаточно развитое вспомогательное оборудование нередко служит причиной снижения пропускной способности порта.

Вспомогательный флот портов может иметь буксиры-кантовщики для ввода судов в порт и их постановки к причалам и вывода из порта, плавучие краны, лихтеры, баржи, катера. Порты осуществляют буксировку судов, снабжение их водой, зачистку, мойку и сушку грузовых помещений судов, обеспечивают суда сепарационными материалами, предоставляют плавсредства для обслуживания судов на рейсах, подключают суда к береговым электросистемам и системам связи и проч.

Отдельно следует выделить деятельность ледокольного флота как специфического вида вспомогательного флота, обеспечивающего

деятельностьпортов. Ледокол— самоходноеспециализированноесудно, предназначенное для различных видов ледокольных операций с целью поддержания навигации в замерзающих бассейнах. К ледокольным операциям относятся: проводка судов во льдах, преодоление ледовых перемычек, прокладка канала, буксировка, околка, выполнение спасательных работ.

Акваторию затонных (ковшовых) речных портов используют для отстоя флота в межнавигационный период, и нередко в этих же ковшах размещаются и судоремонтные предприятия. Порт обеспечивает водоснабжение: совокупность мероприятий по обеспечению потребностей порта в воде, включая снабжение всех объектов порта и судов питьевой водой, удовлетворяющей санитарным нормам, и производственных объектов — водой, не обладающий питьевыми качествами, а так же средства пожаротушения. Однако, как правило, порты имеют единый для всех нужд водопровод, подключенный к городской сети, дополняемой в пожароопасных районах системой специальных колодцев. Федеральный закон № 261-ФЗ предписывает сберегать не только топливно-энергетические ресурсы, но и пресную воду, вводя ряд дополнительных требований.

Электроснабжение порта характеризуется совокупностью устройств передачи, преобразования и распределения электроэнергии для питания подъёмно-транспортных перегрузочных машин, складского оборудования, механизмов вспологательных процессов порта, нужд освещения, а иногда и питания судов с берега.

Как правило, порт питается электроэнергией от высоковольтных сетей при напряжении на вводе 35 кВ. В отдалённых районах порты имеют собственные электрические станции. Система электроснабжения порта состоит из электрических сетей высокого напряжения (6 – 10 кВ), трансформаторных подстанций, понижающих напряжение до 380/220 В, распределительных сетей из бронированных кабелей и электрических колонок для подключения передвижных потребителей энергии (перегрузочных машин, на которые приходится более 80 % в потребляемой электроэнергии). Линейное расположение потребителей при большой протяженности сетей напряжением 380/220 В связано со значительным потерями энергии.

Транспортные терминалы представляют собой комплекс устройств, расположенных в начальном, конечном, а также в промежуточных пунктах транспортной сети. Терминалы обеспечивают взаимодействие различных видов транспорта в процессе продвижения материальных или пассажирских потоков. Они должны выполнять три основные функции:

- обеспечить доступ к подвижному составу, обращающемуся на определенном пути сообшения:
- обеспечить легкую смену подвижного состава, работающего на данном пути или совместно с другими видами транспорта;
- облегчить процессы трансформации материальных (пассажирских) потоков.

По величине терминалы различаются: от простых придорожных автобусных остановок до крупных комплексов главных портов. Последние могут рассматриваться как единый очень крупный терминал или специфическая композиция отдельных терминалов, сгруппированных особым образом для обеспечения удобства, эффективности и экономичности выполнения различных логистических работ и операций. Важно отметить, что терминал представляет собой пункт, где кончается одна транспортная сеть и начинается другая. Из этой связи следует добавить, что большинство маршрутов продвижения материальных потоков обеспечивают смешанные перевозки, для чего возникает необходимость создания узловых трансформационных пунктов, в которых помимо различных изменений осуществляется и смена одних видов транспорта на другие.

Являясь субъектами естественных монополий, морские и речные порты, а также транспортные терминалы осуществляют регулируемые государством работы (услуги) (на основе централизованно утвержденных ставок, сборов). К регулируемым работам (услугам), в зависимости от объектов, находящихся в ведении портов и терминалов относятся (табл. 2.11 - 2.13) следующие.

Таблица 2.11

# Перечень услуг субъектов естественных монополий в морских портах, цены (тарифы, сборы) на которые регулируются государством<sup>3</sup>

	на которые регулируются государством
	Наименование вида услуг
ı	Обеспечение безопасности мореплавания и порядка в порту
	Обеспечение прохода судов по подходным каналам
	обеспечение лоцманской проводки судов
-	Ледокольное обеспечение круглогодичной навигации
ı	Предоставление судам маячных сооружений и оборудования, створных знаков
ı	Предоставление судам акватории, рейдов, якорных стоянок и услуги систем

<sup>3</sup> Утвержден постановлением Правительства РФ от 23.04.2008 г. № 293

115

управления движением судов в порту и на подходах к нему

Предоставление причалов
Обеспечение экологической безопасности в порту
Погрузка и выгрузка грузов

Хранение грузов

Услуги буксиров

Обслуживание судов на железнодорожно-паромных переправах

Обслуживание пассажиров

Таблица 2.12

# Перечень услуг субъектов естественных монополий в речных портах, цены (тарифы, сборы) на которые регулируются государством

Наименование вида услуг
Обеспечение безопасности плавания и порядка в порту
Предоставление судам рейдов, якорных стоянов защитных сооружений и причалов порта
Обеспечение лоцманской проводки судов (в тутрипортовая проводка)
Комплексное обслуживание флота
Услуги буксиров
Погрузка и выгрузка грузов
Хранение грузов
Обслуживание пассажиров

Таблица 2.13

# Перечень услуг субъектов естественных монополий в транспортных терминалах, цены (тарифы, сборы) на которые регулируются государством⁵

Наименование вида услуг

Погрузка и выгрузка грузов (за исключением услуг по погрузке и выгрузке нефти и нефтепродуктов, осуществляемых в едином технологическом процессе транспортировки нефти и нефтепродуктов по магистральным трубопроводам).

Хранение грузов

<sup>&</sup>lt;sup>4</sup> Утвержден постановлением Правительства РФ от 23.04.2008 г. № 293

<sup>5</sup> Утвержден постановлением Правительства РФ от 23.04.2008 г. № 293

#### Судоремонтные заводы

Судоремонтная отрасль занимает важное место в инфраструктуре морского и речного транспорта России. Поддержание судов в эксплуатационной готовности осуществляется путем проведения своевременного ремонта их главных и вспомогательных механизмов. Организация работы судоремонтных заводов, применяющих агрегатный, стандартный, комплектно-узловой, секционный методы ремонта, по своим принципам близка к работе судостроительных и машиностроительных предприятий.

Структура судоремонтных заводов России представлена основными и вспомогательными цехами и обслуживающими хозяйствами. Предприятия, осуществляющие ремонт судов, располагают собственным парком судоподъемных и подъемно-транспортных средств и глубокой акваторией, позволяющей ставить на ремонт крупные суда и плавучие средства.

Основными производственными мощностями судоремонтных заводов являются следующие цехи:

- заготовительные, в которых осуществляются модельные, литейные, кузнечные, лесопильные работы;
- обрабатывающие и сборочные, представленные механическим, корпусным, деревообрабатывающим, трубопроводным, дизельным, электроремонтным и доковым цехами.

Вспомогательные производства судоремонтных заводов представлены ремонтно-строительным, инструментальным и ремонтно-механическим цехами. Обслуживающими хозяйствами, необходимыми для судоремонта, являются энергетическое, транспортное и складское.

Судоремонтные предприятия производят следующие виды ремонта: планово-предупредительный, восстановительный, аварийный, поддерживающий. Уровень развития судоремонтной отрасли, использующей инновационные технологии и последние достижения машиностроения, электроники, металлургии, является показателем научно-технического развития страны. Услуги судоремонтников во всем мире пользуются большим спросом, что связано с образовавшимся на рынке фрахта избытком крупнотоннажных судов, вынуждающим судовладельцев переоборудовать морские транспортные средства. Однако, по данным статистики, судостроение в России относится к низкорентабельным отраслям. Положительными тенденциями, способными дать российским судоремонтным заводам новый импульс развития, должны стать возрождение системы государственных заказов на судоремонт и увеличение по некоторым направлениям перевалки грузов в российских портах.

Судоходные компании ГБУВП и С и порты, в зависимости от количества флота, пытаются организовать свои базы технического обслуживания для оперативного ремонта судов и механизмов без выхода судов из эксплуатации. Систематизация основных структурных особенностей объектов инфраструктуры морского и речного транспорта представлена в табл. 2.14.

Таблица 2.14

## Структура транспортной инфраструктуры

морского и речного транспорта в Российской Федерации

Инфра- структурные группы	Субъект естественной монополии	Основная деятельность регулируется государством / подведомственны Росморречфлоту	Типовые объекты	Форма собственности
Водные пути и гидро- технические сооружения	ДА	ДА	Государственное управление водных путей и судоходства (ГБУВП и С)	Государственная
Порты и транспортные терминалы	ДА	DANCHI	Морской порт Речной порт Транспортный терминал	Акционерные общества с участием государства
Судо- ремонтные заводы	нет	нет	Судоремонтный завод	Акционерные общества с участием государства / частная

2.4.2. Структура технологического потребления топливно-энергетических ресурсов объектами инфраструктуры водного транспорта

Использование в анализе данных о структуре потребления топливно-энергетических ресурсов затруднено сложностью получение статистических данных, так как указанные сведения для рассматриваемых объектов инфраструктуры не являются обязательными к раскрытию.

В связи с изложенным, в качестве исходной информацией о структуре потребления энергии ГБУВП и С и портов использовались данные статистической отчетности Государственной службы речного флота

(прежнее наименование) — форма № Б-5, формы 11-ТЭР, Ф4-Т, 22 ВТ и 23 ВТ, а также данные бухгалтерской отчетности морских портов, публикуемые к качестве раскрытия информации о деятельности ОАО. И если некоторые количественные характеристики за прошедшие годы могли измениться, то количественных изменений не произошло.

### Государственные бассейновые управления водных путей и судоходства

Различные объекты ГБУВП и С, выполняя свои функции, потребляют разнообразные виды энергии: электрическую и тепловую от централизованных или собственных источников, расходуют разные виды топлива — уголь, мазут топочный, природный газ, дизельное топливо, бензин, керосин, дрова. Структура суммарного потребления ТЭР ГБУВП и С представлена на рис. 2.6 и в табл. 2.15.

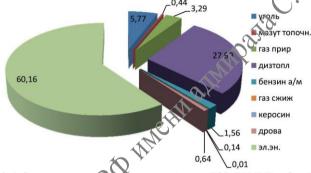


Рис. 2.6. Структура суммарного потребления ТЭР ГБУВП и С, т УТ, %

Вклад в объем потребления энергоресурсов ГБУВП и С, расположенных в районах обусловленных удаленностью и экстремальными температурами, представлена на рис. 2.7.

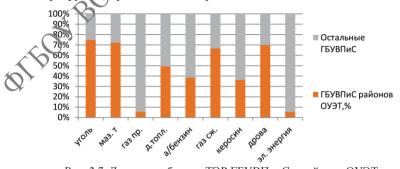


Рис. 2.7. Доля потребления ТЭР ГБУВП и С в районах ОУЭТ

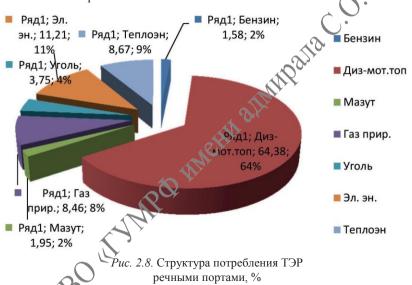
Таблица 2.15 Структура потребления топливно-энергетических ресурсов ГБУВП и С (сводный отчет Ф4-Т за 2000 г.)

Наименование	Уго	$\neg \neg$	) Ma		Газ	3	Дизел топл	ьное	Бензи		Га	13	Керо		Дро		Элект энерг	ро-	Итог	
Ед. изм.	Т	%	Т	<b>1</b>	тыс. м <sup>3</sup>	%	Т	%	Т	%	Т	%	Т	%	T	%	тыс. кВтч	%	тыс. т УТ	%
Коэффициент перевода в т УТ	0,754		1,430		,136		1,440		1,490		1,570		1,470		0,266		0,350			
Волжское	882	4,4	226	27,7	7/75,2	10,2	6426	12,6	280	10,2	12	5,1	0	0,0	464	7,4	11981	2,7	15 875	6,0
Камское	931	4,6	0	0	0	0,0	2302	4,5	92	3,4	0	0,0	0	0,0	0	0,0	7486	1,7	6 774	2,6
Печорское	16	0,1	0	0	0	0,0	1091	2,1	38	1,4	4	1,7	0	0,0	0	0,0	475	0,1	1 812	0,7
Северо- Двинское	752	3,7	0	0	292	3,8	2146	4,2	89	3,2	18	7,7	3	27,3	307	4,9	1786	0,4	4 861	1,9
Волго- Балтийское	231	1,1	0	0	610	8,0	6327	12,4	354	12,9	32	13,7	2	18,2	1425	22,7	20684	4,6	18 177	6,9
Обское	4833	24,0	0	0	0	0,0	3833	7,5	175	6,4	134	57,3	0	0,0	0	0,0	3079	0,7	10 712	4,1
Обь-Иртышское	2189	10,9	589	72,3	28	0,4	5850	11,5	195	5,6	0	0,0	0	0,0	0	0,0	3735	0,8	12 487	4,8
Енисейское	512	2,5	0	0	0	0,0	2223	4,4	262	9,5	0	0,0	0	0,0	150	2,4	3868	0,9	5 371	2,0
Байкало- Ангарское	53	0,3	0	0	0	0,0	304	0,6	23	0,8)	0	0,0	0	0,0	0	0,0	1232	0,3	943	0,4
Ленское	5923	29,5	0	0	102	1,3	8803	17,3	130	4,7	0	0,0	1	9,1	3923	62,5	7321	1,6	21 059	8,0
Амурское	1632	8,1	0	0	0	0,0	661	1,3	30	1,1	0/	0,0	0	0,0	5	0,1	1240	0,3	2 662	1,0
Канал им. Москвы	490	2,4	0	0	2524	33,2	3644	7,1	465	16,9	0 <	30	0	0,0	0	0,0	306568	67,9	116 476	44,4
Беломорско- Онежское	818	4,1	0	0	0	0,0	1247	2,4	209	7,6	0	0,0	20	0,0	0	0,0	4045	0,9	4 140	1,6
Волго-Донское	792	3,9	0	0	3279	43,1	1540	3,0	292	10,6	28	12,0	5	45,5	0	0,0	75953	16,8	33 610	12,8
Азово-Донское	47	0,2	0	0	0	0,0	3867	7,6	118	4,3	6	2,6	0 *	0,0	0	0,0	1696	0,4	6 383	2,4
Кубанское	0	0,0	0	0	0	0,0	767	1,5	32	1,2	0	0,0	0	0,0	9	0,0	181	0,0	1 216	0,5
Всего по ГБУВП	20101	100	815	100	7610,2	100	51031	100	2744	100	234	100	11	100	6274	100	451330	100	262 558	100
Доля ГБУ ОУЭТ		74,8		72,3		5,5		49,4		38,6		66,7		36,4	4	69,8		5,4		

Как следует из рисунков, наибольший удельный вес в общем объеме энергопотребления всеми ГБУ в натуральном выражении составляет электрическая энергия (60,2 %) и дизельное топливо (28 %). Следующим по весу следует потребление угля (5,8 %). Из рассматриваемого объема ГБУВП и С объекты ОУЭТ потребляют половину дизельного топлива (49 %), три четверти угля (75 %) и только 5 % электроэнергии. Подробнее структура энергопотребления ГБУВП и С, расположенных в районах ОУЭТ, рассмотрены далее.

#### Порты и транспортные терминалы

Структура энергопотребления ряда речных портов приведена в табл. 2.16 и на рис. 2.8.



Как следует из рис. 2.8, наибольшим весом в объеме энергопотребления речными портами обладает дизельное моторное топливо (64 %), далее с большим разрывом следуют электроэнергия (11 %), тепловая энергия (8,67 %) и природный газ (8,46 %). Подробнее структура энергопотребления речными портами, расположенными в районах ОУЭТ, а так же крупными морскими портами, рассмотрена далее. Потребление ТЭР портами Росречфлота в 2000 г. (по кругу предприятий, предоставивших отчеты)

Наименование	Бензин	Дизмот. Гопливо	Мазут	Газ природный	Уголь	Электроэнергия	Тепло- вая энергия	Всего ТЭР	Доля в т УТ
Ед. изм.	Т	T	Т	тыс. м <sup>3</sup>	Т	тыс. кВт∙ч	Гкал	тУТ	%
Коэффициент перевода в т УТ	1,49	1,44	1,143	1,136	0,754	0,35	0,143	-	-
п. Белозерск	35	814	80	0	590	360	2 058	2,09	1,22
п. Ленинград	22	5	1 353	0	0	2 225	3 289	2,84	1,66
п. Н Новгород	0	1 070	0	4,0	0	0	0	1,54	0,90
П. Астрахань	92	2 368	0	1382	103	3 219	4 779	7,00	4,10
п. Толъятги	44	961	0	1 504	0	1 660	9 440	5,09	2,98
п. Самара	116	3 996	899	0	2 <sub>2</sub> 0	3 883	5 851	9,15	5,35
п. Ульяновск	63	606	0	0	10	2 597	4 187	2,47	1,45
п. Саратов	24	1 369	0	0	100	2 423	4 443	3,49	2,04
п. Волгогард	98	4 388	0	0	0 8/	3 947	1 842	8,11	4,74
п. Кинешма	38	1 751	0	0	388	0	0	2,87	1,68
п. Ярославль	4	3 716	0	2,380	3 847	2737	5 551	10,01	5,86
п. Кострома	10	1 222	0	0	240	.0	0	1,96	1,14
п. Козьмодемьянск	0	500	0	0	0	6/3	0	0,72	0,42
п. Чебоксары	10	1 516	0	0	0	325	550	2,39	1,40

Татфлот	()129)	8 382	0	983	345	4 551	14 462	17,30	10,12
п. Серпухов	O.L	1 430	0	0	0	355	967	2,32	1,36
Западный порт	0	500	0	0	0	0	0	0,72	0,42
Южный порт	72	2714	0	696	10	0	0	4,90	2,87
п. Тверь	33	2 583	0	0	0	1 348	2 433	4,59	2,68
п. Рязань	0	1 000	J p	700	0	1 460	4 670	3,41	2,00
п. Коломна	0	30	190	0	0	0	0	0,04	0,03
п. Углич	0	330	0 0	0	0	0	0	0,48	0,28
п. Наб Челны	95	3 327	0	A 0	0	1 410	2 877	5,84	3,41
п. Левшино	70	1 389	0	5 068	0	0	0	7,86	4,60
п. Пермь	0	2 480		0//	0	0	0	3,57	2,09
п. Березняки	0	330	0	0	2 0	0	0	0,48	0,28
п. Камбарка	0	217	0	0	10	0	0	0,31	0,18
п. Чайковский	64	0	23	0	50	1 453	1 689	0,88	0,51
п Сарапул	15	430	0	0	02	0	0	0,64	0,38
п. Азов	70	302	0	0	0	2 922	2 500	1,92	1,12
п. Усть-Донецк	20	607	0	0	0	0	0	0,90	0,53
п. Ростов	100	1 388	0	0	0	0	0	2,15	1,26
п. Ейск	0	10	0	0	0	OF	0	0,01	0,01
п. Архангельск	43	1 749	0	0	0	2 890	1 757	3,85	2,25

*									
п. Вологда	(30)	228	0	0	0	0	0	0,37	0,22
п. Сокол	40	134	0	0	0	95	285	0,33	0,19
п. Печора	9	676	0	0	0	0	0	0,99	0,58
п. Салехард	31	11/17	0	0	0	1 571	2 463	2,64	1,55
п. Тобольск	62	4 308	152	0	0	2 266	925	7,40	4,32
Омский порт	125	4 159	480	0	533	3 974	12 695	10,33	6,04
п. Новосибирск	95	3 554	190	0	1 373	4 840	11 130	9,58	5,60
п. Хабаровск	55	2 200	0 0	0	0	1 718	1 763	4,10	2,40
Амур-порт	0	1 851	0	4,0	0	0	0	2,67	1,56
п. Киренск	3	848	0	10	0	238	0	1,31	0,77
п. Осетрово	15	1 800	0	0//	0	0	0	2,61	1,53
п. Хандыга	11	1 460	0	0	1 049	167	726	3,07	1,80
6 отряд ПРС	62	349	0	0	10	35	141	0,63	0,37
1 805   76 284   2	907 1	12 713	8 488	54 669 10	171	100			
тыс. т УТ	3	110	3	14	62	19	15		171
Структура потребления ТЭР, %	1.58	64.38	1.95	8.46	3.75	41.21	8.67		100

#### Судоремонтные заводы

Информация по расходу топливно-энергетических ресурсов ряда судоремонтных заводов приведена в табл. 2.17 и на рис. 2.9.

Таблица 2.17

## Структура потребления энергоресурсов судоремонтными предприятиями Росречфлота в 2000 г.

(по кругу предприятий, предоставивших отчеты)

	1.7	J P T		/ I				
Наименование	Бензин	Дизельное топливо	Мазут	Газ природный	Уголь	Электро- энергия	Тепловая энергия	всего ТЭР
Ед. изм.	Т	Т	Т	тыс. м3	Т	тыс. кВт∙ч	Гкал	уТ
Коэффициент перевода в т УТ	1,49	1,44	1,37	1,136	0,754	0,35	0,143	
ССРЗ им. 3-го Интернационала	92	164	198	3903	0	Silve	10325	7,6
ССР3 им. Ленина	85	501	0	5492	MAIN	4465	21930	11,8
ССР3 им. 30 ГО	69	142	235	2168	\S_0	3130	12623	6
«Судо-Волга»	11	0	0	21,180	0	2259	9989	3,6
ССРЗ им. Урицкого (Астрахань)	30	0	3571	351	0	342	4210	1,7
Ачтубинский ССР3	26	193	1134	0	0	1662	1751	2,7
Городецкий СРМ3	0	300	1000	0	0	0	0	1,8
ЭБ им. Куйбышева	13	46	2051	0	0	0	0	2,9
Октябрыский ССР3	0	0	0	0	0	0	0	0
Самарский ССР3	0	0	0	0	0	0	0	0
Сриушинская РЭБ	12	8	1182	0	0	0	0	1,6
Красно- армейский ССРЗ	9	2	0	313	0	0	0	0,4
Волжская РЭБ	22	30	0	0	0	959	398	0,5

#### Окончание табл. 2.17

ССРЗ им. Кутякова	0	0	0	4645	0	3891	15452	8,8
СРЗ «Памяти Парижской коммуны»	0	100	0	0	0	0	0	0,1
Банковский СРЗ	0	0	0	0	0	0	0	0
Сокольский с/в	0	10	0	0	0	0	0	0,0144
Московский ССЗ	0	0	0	0	0	0	0	2013
Хлебни- ковский МСЗ	0	10	0	0	0	0	0	0,0144
Чисто- польский СРЗ	0	3	0	0	0	2363	26205	4,6
Чайко- ковская РЭБ	0	2	0	0	0	Sign	0	0,0029
«Прибой»	3	0	320	0	0	3062	2334	1,8
Тюменский ССР3	5	0	715	0	Tally	855	7050	2,3
Самульский ССР3	80	100	110	11.	10	3421	15050	3,8
Невский ССР3	42	55	0	1266	0	2743	9299	3,9
Ново- Ладожский ССРЗ	14	19	946	0	7	2120	6198	3
Архан- гельская РЭБ	0	1st.	0	0	0	1516	0	0,5
Алексе- евская РЭБ	25	7635	0	0	0	0	0	11
Осетровская РЭЕ	61	5115	0	0	0	8318	1459	10,6
Чкалонская с/и	14	80	1653	0	0	3352	5167	4,3
«Теплоход»	0	149	0	10639	0	19922	34611	24,2
ВСЕГО ПО ССР3:	613	14664	9901	29957	17	67499	184051	119,6
Тыс. т УТ	0,913	21,116	13,564	34,031	0,013	23,625	26,319	-
Структура потребления ТЭР, %	0,76	17,66	11,34	28,45	0,01	19,75	22,01	100,00

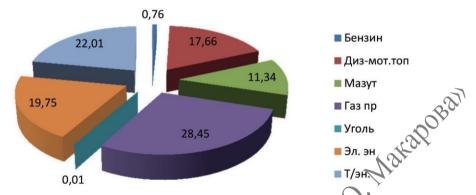


Рис. 2.9. Структура потребления ТЭР судоремонтными заводами, %

Как следует из рис. 2.9, потребление энергоресурсов СРЗ состоит, прежде всего, из следующих крупных составляющих: наибольшая доля принадлежит природному газу (28 %), тепловой энергии (22 %), электроэнергии (20 %), дизельному моторном топлику (18 %) и мазуту (11 %).

2.4.3. Транспортная инфраструктура морского и речного транспорта в районах, обусловленных удаленностью и экстремальными температурами

### Водные пути районов обусловленных удаленностью и экстремальными температурами (ОУЭТ)

К водным путям и гидросооружениям районов, обусловленных удаленностью и экстремальными температурами, относятся следующие ГБУВП и С (табл, 2.18).

Таблииа 2.18

#### 

#### Наименование

ФБУ «Беломорско-Онежское государственное бассейновое управление водных путей и судоходства» (бывшее ФГУ «Беломорско-Онежское государственное бассейновое управление водных путей и судоходства»)

ФГУ «Печорское государственное бассейновое управление водных путей и судоходства»

<sup>&</sup>lt;sup>6</sup> Осуществлена выборка из Реестра субъектов естественных монополий на транспорте (разд. 3 — услуги в портах и (или) транспортных терминалах, услуги по использованию инфраструктуры внутренних водных путей) по состоянию на 27.12.2012 г.

ФБУ «Ленское государственное бассейновое управление волных путей и сулохолства» (бывшее ФГУ «Ленское госуларственное бассейновое управление волных путей и сулохолства»)

ФБУ «Енисейское госуларственное бассейновое управление волных путей и судоходства» (бывшее ФГУ «Енисейское государственное бассейновое

ФБУ «Обь-Иртышское госудает и судоходства»)

ФБУ «Обь-Иртышское госудает и судоходства»)

путей и судоходства» (бывшее ФГУ «Обь-Иртышское государственное бассейновое управление водных путей и судоходства»)

#### Порты и транспортные терминалы

К морским, речным портам и транспортным терминалам, обусловленным удаленностью и экстремальными температурами относятся следующие предприятия (табл. 2.19)

Таблица 2 19 Морские и речные порты, а так же транспортные терминалы, расположенные в объектах ОУЭТ

1 10 /	
Наименование объекта	Место расположения
ОАО «Беломорско-Онежское пароходство»	Республика Карелия, г. Петрозаводск
ЗАО «Экотек-Росика»	Республика Карелия, г. Петрозаводск
ОАО «Печорский порт»	Республика Коми, г. Печора
ГУП «Морской порт Тикси»	Республика Саха (Якутия), Булунский район, п. Тикси
ЗАО АВ «АЛРОСА» (Ленский речной порт ПУ «Алмаздортранс»)	Республика Саха (Якутия), г. Ленск
ООО Судоходная компания «Якутск»	Республика Саха (Якутия), г. Якутск
Полный список портов и терминалов составляет 123 ед.	

<sup>7</sup> Осуществлена выборка из Реестра субъектов естественных монополий на транспорте (разд. 3 — услуги в портах и (или) транспортных терминалах, услуги по использованию инфраструктуры внутренних водных путей) по состоянию на 27.12.2012 г.

#### Судоремонтные предприятия

Ввиду того, что предприятия судоремонтной отрасли не являются субъектами естественных монополий, и их основную деятельность государство не регулирует, предоставить полный перечень объектов инфраструктуры, расположенных в районах ОУЭТ, не представляется akapo Bar возможным

2.4.4. Структура технологического потребления топливно-энергетических ресурсов для объектов транспортной инфраструктуры водного транспорта

#### Водные пути и гидротехнические сооружения, расположенные в районах ОУЭТ

Объем энергопотребления ГБУВП и С, расположенных в районах ОУЭТ, рассмотрен в табл. 2.20, табл. 2.21 и на рис. 2.10

Таблииа 2.20

#### Структура потребления энергоресурсов ГБУВП и С в районах ОУЭТ

	<b>*</b> >
Наименование	Доля, %
Электроэнергия	14,1
Уголь	18,8
Мазут топочный	1,4
Газ природный	0,8
Дизельное топливо	60,0
Бензин а/м	2,6
Газ сжиженный	0,4
Керосин	0,010
Дрова	1,9
Всего	100,0

Таблица 2.21 Потребление топливно-энергетических ресурсов ГБУВП и С, расположенных в районах ОУЭТ (сводный отчет Ф4-Т за 2000 г.)

Наимено- вание	Угол	ΙЬ	Ма топли	- /	Газ природ		Дизель топли		Бензин	а/м	Га сжижо		Керс	син	Дро	ва	Элект		Ито	ого
Ед. изм.	Т	%	Т	% (	TRIC.	%	Т	%	Т	%	Т	%		%	Т	%	тыс. кВт·ч	%	тыс. т УТ	%
Коэффи- циент пере- вода в т УТ	0,754		1,430		1,136		1,440		1,490		1,570		1,470		0,266	0,0	0,350	2,0		
Печорское	16	0,1	0	0	0	0,0	1091	4,3	38	3,6	4	2,6	0	0,0	0	7,0	475	7,3	1 812	3,0
Северо- Двинское	752	4,7	0	0	292	69,2	2146	8,5	89	8,4	18	11,5	3	75,0	307	0,0	1786	12,7	4 861	8,0
Обское	4833	30,5	0	0	0	0,0	3833	15,2	175	16,5	134	85,9	0	0,0	0	0,0	3079	15,4	10 712	17,7
Обь- Иртышское	2189	13,8	589	100,0	28	6,6	5850	23,2	155	14,7	0	0,0	0	0,0	0	3,4	3735	15,9	12 487	20,7
Енисейское	512	3,2	0	0	0	0,0	2223	8,8	262	24,8	0	0,0	0	0,0	150	89,6	3868	30,1	5 371	8,9
Ленское	5923	37,4	0	0	102	24,2	8803	34,9	130	12,3	0	0,0	1	25,0	3923	0,0	7321	16,6	21 059	34,8
Беломорско- Онежское	818	5,2	0	0	0	0,0	1247	4,9	209	19,8	0	0.0	0	0,0	0	100	4045	100	4 140	6,8
Всего по ГБУВП и С районов ОУЭТ	15043	100	589	100	422	100	25193	100	1058	100	156	100	4.	100	4380	0,0	24309	2,0	60442	100
тУТ	11342,4		842,3		479,4		36277,9		1576,4		244,9		5,9		1165,1		8508,2		60 442	100,0
доля, %	18,8		1,4		0,8		60,0		2,6		0,4		0,0		1,9	5	14,1		100,0	

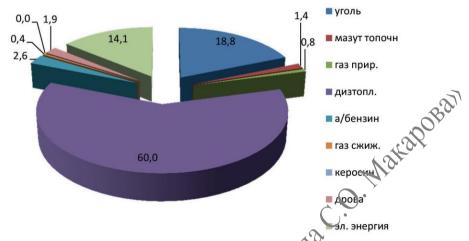


Рис. 2.10. Энергопотребление ГБУВП и С районов ОУЭТ

Как следует из рис. 2.10, наибольшую долю в объеме энергопотребления занимает дизельное топливо (60 %), далее следует уголь (18 %) и электрическая энергия (14 %).

Сравнительная характеристика структуры суммарного потребления всех ГБУВП и С и расположенных в районах ОУЭТ, представлена в табл. 2.22.

Таблица 2.22 Наиболее энергоемкие ресурсы для ГБУВП и С. Сравнительная характеристика

Наименование	ГБУВП и С в целом, %	ГБУВП и С ОУЭТ, %
Электроэнергия	60,16	14,1
Уголь	5,77	18,8
Мазут топочный	0,44	1,4
Газ природный	3,29	0,8
Дизельное топливо	27,99	60,0
Бензин а/м	1,56	2,6
Газ сжиженный	0,14	0,4
Керосин	0,01	0,010
Дрова	0,64	1,9
Всего	100,0	100,0

Как следует из табл. 2.22, структура энергопотребления в районах ОУЭТ имеет существенные отличия. Если для ГБУ в целом наиболее энергоемким ресурсов является электроэнергия (60,2 %), то для ГБУ ОУЭТ — дизельное топливо (60 %).

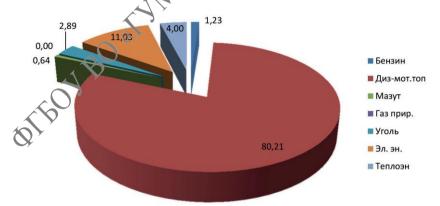
## Порты и транспортные терминалы, расположенные в районах OУЭТ

#### Речные порты

Структура энергопотребления речными портами, расположенными в районах, обусловленных удаленностью и экстремальными температурами, представлена в табл. 2.23 и на рис. 2.11.

Наиболее энергоемкие ресурсы для речных портов в районах ОУЭТ

Наименование	Ед. изм.	Значение	тыс. т УТ	Доля в структуре энергопотребления, %
Электроэнергия	тыс. кВт∙ч	8 612	3,014	11,03
Уголь	T	1 049	0,791	2,89
Мазут топочный	T	152	0,174	0,64
Газ природный	тыс. м <sup>3</sup>	0	0	0
Дизельное топливо	Т	15 221	21,918	80,21
Бензин а/м	T	226	0,337	1,23
Теплоэнергия	Гкал	7 634	1,092	4,00
Всего	A	_	27,3	100



*Рис. 2.11.* Структура энергопотребления речными портами, расположенными в районах ОУЭТ

#### Морские порты

На основании данных годовых отчетов о финансовой деятельности за 2011 г. далее представлен анализ структуры энергопотребления ряда крупных морских портов, расположенных в районах ОУЭП (табл. 2.24-2.27, рис. 2.12-2.15).

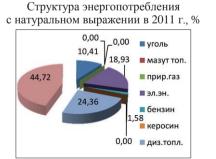




Рис. 2.12. ОАО «Архангельский морской торговый порт»

с натуральном выражении в 2011 г., %

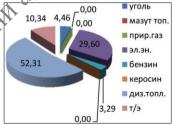
10,41 0,00 уголь

18,93 прир.газ

24,36 1,58 643 н

Структура энергопотребления

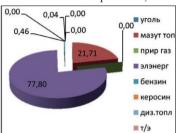
Структура энергопотребления в стримостном выражении, %



Puc. 2.13. ОАО «Ванинский морской торговый

Структура энергопотребления в натуральном выражении в 2011 г., % 0,01 0,00 5,56 мазут топ прир газ 23,62 элэнерг бензин керосин диз.топл

Структура энергопотребления в стоимостном выражении, %



Puc. 2.14. ОАО «Владивостокский морской торговый порт»

Структура потребления ТЭР ОАО «Архангельский морской торговый порт» в 2011

0.17,12		ельно-печно	е топливо	Электро-			Дизельное	г. Тепловая	Dagra	
Наименование	уголь	мазут топочный	природный газ	энергия	бензин	керосин	топливо	энергия	Всего	
	тыс. т	тыс. т	тыс. куб. м	тыс. кВт∙ч	тыс. т	тыс. т.	тыс. т.	Гкал	тыс. т УТ	
Коэффициент перевода в т УТ	0,754	1,43	11,36	0,35	1,49	1,47	1,44	1,143	-	
ОАО «Архангельский морской торговый порт»	1,8919	0	0 47	7413,8	0,1455	0	2,3192	5363,9	_	
тыс. т УТ	1,43	0,00	0,00	2,59	0,22	0,00	3,34	6,13	13,71	
Структура потребления ТЭР, %	10,41	0,00	0,00	18,93	758	0,00	24,36	44,72	100,00	
Затраты на ТЭР в стоимостном выражении, тыс. руб.	4 631	0	0	30 740	3 419	0	54 319	10736	103 845	
Доля в суммарных затратах на ТЭР, %	4,46	0,00	0,00	29,60	3,29	0,00	52,31	10,34	100	

Таблица 2.25 Структура потребления ТЭР ОАО «ОАО «Ванинский морской торговый порт» в 2011 г.

Cipyki panoi peosenna 131 orto «orto «banniekan stopekon i opi obbin nopi» b 2011 i.										
	Кот	дьно-печно	е топливо	Электро- Моторное топливо			Дизельное	Тепловая	Всего	
Наименование	уголь	мазут топочный	Природный газ	энергия	бензин	керосин	топливо	энергия	Beero	
	тыс. т	тыс. т	тыс. куб. м	тыс. кВт∙ч	тыс. т	тыс. т	тыс. т	Гкал	тыс. т УТ	
Коэффициент перевода в т УТ	0,754	1,43	1,136	0,35	1,49	1,47	1,44	1,143	-	
ОАО «Ванинский морской торговый порт»	0,182	1,262	0	15567	0,21	0,032	2,301	0	_	
тыс. т УТ	0,14	1,80	0,00	5,45	0,31	0,05	3,31	0	11,06	
Структура потребления ТЭР, %	1,24	16,31	0,00	49,25	1/283	0,43	29,95	0	100,00	
затраты на ТЭР в стоимостном выражении, тыс. руб.	367	18 706	0	46 005	4 632	(2) (871)	62 270	0	132 851	
доля в суммарных затратах на ТЭР, %	0,28	14,08	0,00	34,63	3,49	0,66	46,87	0	100	

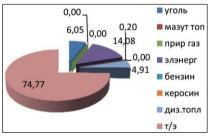
Таблица 2.26 Структура потребления ТЭР ОАО «Владивостокский морской торговый порт» в 2011 г.

		льно-печно				е топливо	П		
Наименование	уголь	мазут топочный	природный газ	Электро- энергия	бензин	керосин	Дизельное топливо	Тепловая энергия	Всего
	тыс. т	тыс. т	тыс. куб. м	тыс. кВт·ч	тыс. т	тыс. т	тыс. т	тыс. т	тыс. т
Коэффициент перевода в т УТ	0,754	1,43	1,136	0,35	1,49	1,47	1,44	1,143	-
ОАО «Владивостокский морской торговый порт»	0	2,0424	0	35431	24,949	0	0,0023	0	52,50
тыс. т УТ	0,00	2,92	0,00	12,40	37,17	0,00	0,00	0,00	52,50
Структура потребления ТЭР, %	0,00	5,56	0,00	23,62	70,81	0,00	0,01	0,00	100,00
затраты на ТЭР в стоимостном выражении, тыс. руб.	0	28 591	0	102 484	601	3.720C	47	0	131 723
доля в суммарных затратах на ТЭР, %	0,00	21,71	0,00	77,80	0,46	0,00	10.04	0,00	100

	Ø/A	<b>Етруктура</b>	потребления	я ТЭР ОАО	«Восточн	ный порт»	в 2011 г.	Тав	блица 2.27
		пъно-печно				е топливо	_	т	Всего
Наименование	уголь	мазут топочный	Природный газ	Электро- энергия	бензин	керосин	Дизельное топливо	Тепловая энергия	Bcero
	тыс. т	тыс. т	тыс. куб. м	тыс. кВт∙ч	тыс. т	тыс. т		тыс. т	тыс. т
Коэффициент перевода в т УТ	0,754	1,43	1,136	0,35	1,49	1,47	1,44	1,143	_
ОАО «Восточный порт»	7,718	0	0	38676	0,126	0	3,278	62904	_
тыс. т УТ	5,82	0,00	0,00	13,54	0,19	0,00	4,72	71,90	96,16
Структура потребления ТЭР, %	6,05	0,00	0,00	14,08	0,20	0,00	4,91	74,77	100,00
затраты на ТЭР в стоимостном выражении, тыс. руб.	12 838	0	0	110 950	3 576	000	84 693	4322	216 379
доля в суммарных затратах на ТЭР, %	5,93	0,00	0,00	51,28	1,65	0,00	139,14	2,00	100

Структура энергопотребления в натуральном выражении в 2011 г. %

Структура энергопотребления в стоимостном выражении, %



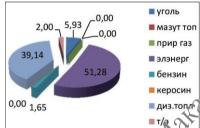


Рис. 2.15. ОАО «Восточный порт»

Из рис. 2.11 – 2.15 следует, что структура энергопотребления крупных морских портов существенно различается по видам и объему потребления. Указанный факт не позволяет сформировать типовую структуру потребления объекта инфраструктуры — морской порт. Важно отметить, что выбор наиболее энергоемких ресурсов зависит от критерия отбора. В зависимости от того, будет ли это доля в энергопотреблении в натуральном выражении или в стоимостном, вид приоритетных для экономии ТЭР может принципиально отличаться.

Во всех четырёх рассмотренных случаях при стоимостной оценке приоритетности повышения энергетической эффективности наиболее существенными являются вазраты на электроэнергию, дизельное топливо и мазут.

#### Судоремонтные предприятия, расположенные в районах ОУЭТ

Ввиду того, ито судоремонтные предприятия являются объектами частной собственности, официальные данные об их энергопотреблении часто рассматриваются как конфиденциальные и не оглашаются. В связи с изложенным, провести актуализированный анализ структуры энергопотребления судоремонтных заводов, расположенных в районах ОУЭТ, не представляется возможным.

- Анализ структуры потребления топливно-энергетических ресурсов объектами инфраструктуры водного транспорта, расположенными в районах, обусловленных удаленностью и экстремальными температурами, показал:
- энергопотребление предприятий, входящих в инфраструктурные группы, различается по видам и объему потребления, что связано, прежде всего, со структурой эксплуатируемых объектов и энергетическими системами, обслуживающими их;

- в натуральном выражении наиболее энергоемкими для группы объектов являются:
- волные пути и гилросооружения лизельное топливо, электроэнергия и уголь:
  - речные порты дизельное топливо и электроэнергия;
  - морские порты электроэнергия, дизельное топливо и мазут:
- важным критерием выбора наиболее энергоемкого ресурса также является определение структуры энергопотребления в стоимостном 2.5. Особенности организации систем энергетического менеджмента на водном транспорте
  подотрасли «Вовыражении.

К подотрасли «Водный транспорт» (в том числе и внутренний водный транспорт) можно отнести пять групп предприятий: судоходные компании (СК), порты (П), судостроительные и судоремонтные заволы (ССРЗ), государственные бассейновые управления водных путей и судоходства (ГБУВП и С) и прочие бюджетополучатели. Часто каждая группа предприятий не имеет гибких различий по характеру потребляемой энергии. Так ГФУВП и С включает как гидротехнические судоходные сооружения и каналы, так и судоремонтные заводы, а также суда вспомогательного флота. Судоходные компании имеют собственные причалы — терминалы, а порты — свои суда и заводы. Тем не менее, понытаемся выяснить основные направления повышения энергетической эффективности по каждой из групп предприятий.

#### 2.5.1. Судоходные компании

К основным направлениям энергосбережения можно отнести следующеея

пополнение флота новыми судами;

эптимизация режимов работы судового оборудования;

- внедрение новых систем топливоподготовки, в том числе замеение нефтяного топлива сжиженным природным газом;
- внедрение систем глубокой утилизации вторичных энергоресурсов (когенерация и тригенерация);
- развитие перевозок несамоходным флотом в крупнотоннажных составах;
  - выбор оптимальных маршрутов перевозок и скоростей хода;

 совершенствование эксплуатации энергетических установок и движителей судов, внедрение необрастающих покрытий корпусов судов и проч.

Энергетическая проблема переплетена с экологической, превратившейся в энергоэкологическую. Так, в соответствии с Киотским соглашением, установлены квоты по выбросам парниковых газов, а по итогам 15-ой Рамочной Конференции ООН об изменении климата Международной морской организацией (ИМО) разработан комплекс мероприятий по снижению выбросов парниковых газов с судов Руководствуясь принципом «Меньше, энергоэффективней расходуень топливо — меньше выбросов парниковых газов», Международная морская организация, как указывалось ранее, еще в августе 2009 г. утвердила ряд документов.

- 1. Временные руководящие принципы и метод вычисления проектного индекса энергетической эффективности для новых судов.
- 2. Временные руководящие принципы добровольной проверки проектного индекса энергетической эффективности.
- 3. Руководство для разработки плана управления энергетической эффективностью судна.
- 4. Руководящие принципы доброводьного использования действующего (эксплуатационного) указателя (индикатора) энергетической эффективности судна и ряд других досументов.

Эксплуатационный критерий энергетической эффективности как для новых, так и для существующих судов представляет отношение потребления топлива к работе судна за рейс, выраженной произведением массы груза (в тоннах) на борту на пройденное расстояние (в милях). Этот показатель эквивалентен российскому критерию энергоэффективности: расход топлива на тонно-километр (или пассажиро-километр).

ИМО рекомендует составление судового плана энергетической эффективности в качестве судового инструментария. Этот план включает:

усовершенствование планирования рейса (проводка наиболее выгодными путями, учет погоды, строгость графика);

- оптимизацию скорости и мощности;
- оптимизацию управления судном (балласт, использование «автопилота» и т. п.);
  - усовершенствование грузовых операций;
  - управление энергоэффективностью.

Последнее означает, что система энергетического менеджмента организации должна начинаться с судна.

В ближайшее время требования ИМО из добровольных могут превратиться в обязательные для всех стран, в том числе и для России, а в случае несоблюдения вновь установленных норм могут последовать достаточно серьезные санкции. Так, по мнению ряда представителей ИМО, суда, имеющие индексы энергетической эффективности, могут считаться ненаносящими ущерба окружающей среде, а фрахтователи и порты должны предоставлять им льготный статус. Такие суда должны получать материальные стимулы в конкурентной борьбе в виде снижения портовых сборов, а изначально более высокими фрактовыми ставками.

2.5.2. Государственные бассейновые управления водных путей и сообщений и другие бюджетные организации

ФЗ № 261 в ст. 24 «Обеспечение энергосбережения и повышении энергетической эффективности бюджетными учреждениями» обязывает, начиная с 1 января 2010 г., обеспечить в еспоставимых условиях снижение объема потребляемых ими воды, мазута, природного газа, печного топлива, тепловой энергии, угля в течение пяти лет не менее чем на 15 % от объема фактически потребляемого в 2009 г. каждого из указанных ресурсов с ежегодным сийжением такого объема не менее чем на 3 %.

В соответствии с гл. 3, ст. О казанного ФЗ, государственное регулирование в области энергосфережений и повышения энергетической эффективности осуществляется путем установления:

- обязанности по учету используемых энергетических ресурсов (п. 3);
- обязанности проведения обязательного энергетического обследования (п. 5);
  - требований к энергетическому паспорту (п. 6);
- требований к программам в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности (пп. 7-10);

обязанности реализации программ (в том числе — образовательных) и информации в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности.

Научно-методическая база контроля указанных положений как в общей части, так и в части особенностей применительно к Государственным бассейновым управлениям водных путей и судоходства (ГБУВП и С) в настоящее время отсутствует и требует разработки — как и системы энергоменеджмента конкретных организаций.

Целью энергообследования является не только получение достоверной информации по использованию энергоресурсов, но и выявление потенциала энергосбережения, а также разработка перечня мероприятий по повышению энергетической эффективности с отражением результатов в энергетическом паспорте.

Наличие различных объектов в ГБУВП и С (административных зданий, гидротехнических сооружений, судов технического флота, ремонтных подразделений и т. д.) приводит к необходимости создания различных типов энергетических паспортов.

Энергетические обследования могут проводиться как в отношении объектов (например, судоходных гидротехнических сооружений, судов технического флота и проч.), так и в отношении процессов не только систем управления, но и технологических процессов, например содержания внутренних водных путей.

Стандарты и правила, регламентирующие проведение энергетических обследований, составления энергетических даспортов, расчетов потенциала энергосбережения, перечня мероприятий по повышению энергетической эффективности разрабатываются и утверждаются саморегулируемыми организациями (СРО) в области энергетического обследования (п. 4 ст. 18 ФЗ № 261).

Содержание многих указанных стандартов и правил соответствуют требованиям по созданию систем энергетического менеджмента.

#### 2.5.3. Норты, терминалы, судоремонтные и судостроительные заводы

В соответствии с ФЗ № 261 Федеральная служба по тарифам (ФСТ) России, устанавливая требования к программам в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности, причисляет к субъектам естественных монополий, оказывающих услуги по использованию инфраструктуры внутренних водных путей, не только 14 ФГУ (ГБУВП и С), но и 286 субъектов естественных монополий, оказывающих услуги в транспортных терминалах и портах (Приказы ФСТ № 420-Т и № 419-Т от 31 августа 2010 г.)

Составление и реализация программ по энергосбережению и повышению энергетической эффективности полностью корреспондируется с требованиями по созданию системы энергетического менеджмента. Реализация отдельных проектов приводит лишь к некоторым локальным успехам. Приведем некоторые примеры.

Для экономии энергии при стоянке судна в порту литовскими судовладельцами была реализована политика подключения судна к питанию

электроэнергией с берега. Метод оправдал себя не до конца: не хватало мощности всем судам, а лишь только трем, был нужен специальный трансформатор. Перевод с тяжелого нефтяного топлива на работу ДВС на дизельное (малосернистое) потребовал существенных расходов на более дорогое топливо. Анализ предложений экономически не просчитывался, т. е. даже элементы системы энергетического менеджмента отсутствовали, системный подход к энергоэкологической проблеме не наблюдался.

В связи с тем, что зачастую как порты и терминалы, так и ССРЗ не только получают энергоресурсы от сторонних производителей, но и сами иногда имеют установки, вырабатывающие электроэнергию, теплоту и использующие вторичные энергетические ресурсы (утилизацию), целесообразно рассмотреть пример создания мини-ТЭЦ, являющейся не только источником теплоснабжения предприятия, но и вырабатывающей электрическую энергию. Приводимый далее пример подтверждает необходимость системного подхода к проблеме повышения энергетической эффективности и организации системы энергетического менеджмента [43].

# 2.5.4. Оценка экономического потенциала энергосбережения на примере расчета энергетически хрфективного проекта для судостроительного предприятия

Цель исследования — произвети расчет экономической эффективности внедрения мини-ТЭЦ на базе модернизации котельной завода, использовавшейся для теплоснабжения предприятия.

Расчет производился по разработанной Е. В. Ерофеевой «Методике оценки эффективности энергосберегающих проектов на предприятиях речного траиспорта». В качестве исходных данных для расчета эффективности используется техническое обоснование, выполненное Сертифицированной автономной некоммерческой организацией «Инженерный электротехнический центр» (САНО «ИЭЦ») по заказу Дирекции Демонстрационной зоны высокой энергетической эффективности Санкт-Петербурга, возглавляющей комплекс работ по энергетическому аудиту и совершенствованию систем энергоснабжения промишленных предприятий города.

#### Суть проекта

На судостроительном предприятии работает несколько котельных. На одной из них с 2003 г. в дополнение к работающему судовому котлу КВ-686 вводится в эксплуатацию котел КЗК-70, после ввода которого, котельная должна стать основным источником теплоснабжения предприятия.

Строительство мини-ТЭЦ целесообразно совместить с началом эксплуатации котла КЗК-70, т. е. использовать его пар в устанавливаемых паротурбогенераторах (ПТГ) для выработки электроэнергии вместо бесполезного дросселирования (снижения давления пара до необходимого уровня).

Равномерная загрузка ПТГ в течение расчетного года будет обеспечена передачей на мини-ТЭЦ соответствующей части тепловых нагрузок Центральной площадки. Из трех возможных вариантов типов ПТГ, выпускаемых ЗОА «Завод Киров-Энергомаш», ОАО «Калужский турбинный завод» и ОАО «Пролетарский завод» экспертами САНО «ИЭЦ» была технически обоснована и рекомендована установка двух ПТГ (ТГ 3,5/10,5 P12/1,2) ОАО «Калужского турбинного завода» (КТЗ).

В табл. 2.28 приведены основные характеристики ПТГ (КТЗ) и исходные технические данные для расчета экономической эффективности.

Таблица 2.28

Mapakicpucinku ii	14 x							
Характеристика	TΓ 3,5/10,5 P12/1,2							
Электрическая мощность ПТГ, МВт	3,5							
Количество, шт.	2							
Располагаемая электрическая мощность, МВт	6Д							
Электрическая мощность турбогенератора, МВт (2ПТГ)								
Среднезимний режим	5,7							
Летний режим	3,0							
Число дней работы ПТГ, с	ут/год							
Среднезимний режим	220							
Летний режим	145							
Дополиительные затраты газа, т УТ/год	4775							

Для функционирования ПТГ необходима установка внешних электрических систем, трубопроводов, арматуры и изоляции.

#### Экспресс оценка эффективности установки мини-ТЭЦ

При расчете эффективности установки мини-ТЭЦ в качестве базы возврата инвестиций рассматривается снижение оттока средств предприятия, а именно экономии платежей за электроэнергию в объеме, вырабатываемом двумя ПТГ. В качестве затрат на реализацию проекта рассматриваются капитальные вложения, а также производствен-

ные издержки и налоги, генерируемые при реализации порождающего их проекта. Эффектом реализации проекта является разность между экономией затрат на электроэнергию и дополнительными эксплуатационными затратами на каждом шаге расчета. Настоящий анализ произведен в условиях фиксированных цен и тарифов по состоянию на осень 2002 г.

1. Инвестиционные затраты для внедрения ПТГ (табл. 2.29). Значительное сокращение затрат на строительство и эксплуатацию мини-ТЭЦ достигается применением блочных ПТГ, которые устанавливаются на нулевой отметке котельной или близлежащего здатия (пристройки), т. е. без специального фундамента. Срок проектирования и строительства не превышает одного года. Период реализации проекта (Т) соответствует нормативному сроку службы ПТГ и составляет 20 лет

Инвестиционные затраты 🦠

Таблииа 2.29

инвестиционные затраты			
Наименование	Величина	Источник	
Итого стоимость оборудования $(I_{\text{оборуд}})$ , тыс. руб.	58545	-	
Стоимость ППГ, — \$/кВт; — тыс. руб./КВт (\$1 = 31,5 руб.)	300 9,450	Отдел маркетинга ОАО «Калужский турбинный завод»	
Располагаемая электрическая монность, кВт	6100	2 ПТГ · 3,5 МВт	
Стоимость ПТГ, тыс. руб.	57645	_	
Внешние электротехнические системы, тыс. руб.	600	Данные предприятий- аналогов	
Трубопроводы, арматура и изоляция, тыс. руб	300		
Проексирование и управление проектом, тыс. руд.	5854,5	$10\ \%$ от $I_{\text{оборуд}}$	
Итого инвестиционные затраты, тыс. руб. $(I_{_{0}})$	64399,5	-	

2. Экономия за счет снижения платы за электрическую энергию (Э $_{_{\mathrm{ТЭР}^{\prime}}}$ ). Для расчета величины экономии платы за электроэнергию необходимо определение годового объема выработки электроэнергии мини-ТЭЦ (табл. 2.30).

## Объем выработки электроэнергии

Характеристика	Среднезимний режим	Летний режим
Эл. мощность турбогенератора, МВт	5,7	3,0
Число дней работы ПТГ, сут/год	220	145
Фактическое число дней работы*, сут/год	211	135
Коэффициент аварийных простоев в отопительный период	0,98	0,98
Коэффициент ремонтного простоя	0,98	0,95
Число часов работы, час/год	5071	3240
Объем выработки электроэнергии, МВт-ч	28904,2	9719,6
Объем выработки электроэнергии итого, МВт∙ч	38623,8	

<sup>\*</sup>СНиП 23-01-99 «Строительная климатология».

Таким образом, предприятие будет экономить 38624 МВт-ч ежегодно в течение срока полезного использования ПТГ. Объем экономии платы за электроэнергию будет также включать экономию платежей за присоединенную мощность (заявленный максимум). Расчет экономии платы приведен в табл. 2.31 (экономия за счет снижения платы за загрязнение окружающей среды  $3_{3кол.f}$ ). Ввиду отсутствия данных об изменении объемов выбросов и стоков технической воды, расчет данного пункта методики не осуществляется.

Таблица 2.31 Расчет экономии платы за электроэнергию

Наименование	Среднезимний режим	Летний режим
Электрическая мощность турбогенератора, МВт (2ПТГ)	5,7	3,0
Фактическое число дней работы, сут /год	211	135
Число часов работы, час/год	5071	3240
число месяцев работы турбогенератора, мес.	7,03	4,5
Стоимость оплаты за заявленный максимум за 1МВт, тыс. руб./мес.	87,340	87,340
Объем экономии платы за заявленный максимум, тыс. руб. (п. $1 \cdot \pi$ . $4 \cdot \pi$ . $5$ )	3484,9	1179,1
Итого годовой объем экономии за заявленный максимум, тыс. руб.	4663,9	

### Окончание табл. 2.31

Стоимость электроэнергии (Ц ), тыс. руб./(МВт·ч)	0,51 0,51	
Объем экономии платы за электроэнергию, тыс. руб. (п. $1 \cdot$ п. $3 \cdot$ п. $8$ )	14741,4	4957,2
Итого годовой объем экономии за электропотребление, тыс. руб.	19698,6	
ИТОГО годовой объем экономии платы $(9_{_{\rm T}9{\rm pt}})$ , тыс. руб.	24362,5	.0

- 3. Амортизация внедряемого оборудования (табл. 2.32) Расчет амортизационных отчислений на сегодняшний день регламентирует два основных нормативно-правовых источника:
  - Налоговый колекс РФ ст. 258:
- Единые нормы амортизационных отчислений, Приведенный далее расчет базируется на использовании ст. 258 НК РФ. Так, нормативный срок службы ПТГ составляет 20 лет, внешних электрических систем и трубопроводов 15 лет. Таким образом, нормы амортизационных отчислений, начисляемых линейным методом, составят:
  - для ПТГ:  $1/20 \cdot 100 = 5$  %;
  - для внешних электрических сетей и трубопроводов:

1/15 · 100 = 6,66 %

Таблица 2.32

## Расчет амортизационных отчислений

		· '		
Норма	Стоимость,	Амортизационные отчисления, тыс. руб./го		
амортизации	тыс. руб.	1 – 15 гг.	16 – 20 гг.	
Паротурбоген	ераторы (ТГ 3,5/10,	5 P12/1,2)		
0,05	57645	2882,3	2882,3	
Внешние элек	трические системы			
0,0666	600	39,96	-	
Трубопроводь	I			
0,0666	300	19,98	-	
итого		2942,2	2882,3	

Сегодня на большинстве промышленных предприятий амортизационные отчисления не накапливаются в течение всего периода реализации проекта (T), а используются сразу по мере их начисления. По данным планово-экономического отдела предприятия  $(\Pi \Theta)$  при

сложившейся практике распределения амортизационных отчислений на предприятии чаще всего отчисления не ассоциируются с объектом начисления и направляются на другие цели. Таким образом, амортизационные отчисления при расчете величины базы возврата инвестиций включаться не будут.

4. Дополнительные эксплуатационные затраты (3,) (табл. 2.33). После установки ПТГ численность дополнительного эксплуатационного персонала увеличится на три человека. Для повышения параметров энтальпии пара (теплосодержания) за ПТГ, который направляется далее на технологические и санитарно-технические нужды предприятия, необходим дополнительный расход газа в размере 4775 т УТ в год.

Таблица 2.33 Дополнительные эксплуатационные затраты

Наименование	°Го 01 – 15	ды 16 – 20
Дополнительная заработная плата, тыс. руб.	7	7
Количество работников, чел.	3	3
Затраты на оплату труда (3 лип. тыс. руб./год	25	52
Единый социальный налог (3 нач.э/пл.т) тыс. руб./год (35,6 % · п.3)	89	),7
Дополнительный расход топлива, т УТ/гох	47	75
Цена на газ*, тыс. руб. /т УТ	0,5	538
Дополнительные затраты на тобливо, тыс. руб.	264	14,4
Прочие затраты, тыс. руб. 10 % от амортизационных отчислений)	294,22	288,22
Итого дополнительные эксплуатационные затраты, тыс. руб.	3280,32	3274,32

<sup>\*</sup>Постановление ФЭК РФ от 26.06.2002 №37-э/2 «Об оптовых ценах на газ, реализуемых потребителям в РФ».

Таблица 2.34 Результаты оценки эффективности внедрения мини-ТЭЦ

Характеристики	Обозначение	Значение
Инвестиционные затраты, тыс. руб.	I <sub>o</sub>	64399,5
Период реализации проекта, лет	T	20
Объем выработки электроэнергии итого, МВт·ч	Э,	38623,8
Годовой объем экономии платы, тыс. руб.	$\Theta_{\mathrm{T}\Im\mathrm{P}t}$	24362,5
Дополнительные эксплуатационные затраты, тыс. руб.	3	3280,32/3274,32
Амортизационные отчисления, тыс. руб.	$\mathbf{A}_{t}$	2942,2 / 2882,3
Чистый доход, тыс. руб.	ЧД	202713,9
Срок окупаемости, лет	$T_{\text{ok}}$	5
Внутренняя норма доходности, %	ВНД	19,8
Чистый приведенный эффект (при $E=21\%$ ), тыс. руб.	MADE	-3334,7

Таким образом, из произведенных выше расчетов вытекает следующее:

- при установке двух ПТГ на наровые котлы котельной № 5 годовая выработка собственной электроэнергии составит 38624 МВт·ч, т. е. более 60 % от общего электропотребления предприятия (по данным 2002 г.);
- реализация проекта повлечет за собой дополнительные, так называемые внешние эффекты, рассчитать финансово-экономический эквивалент которых довольно сложно, но учитывать, тем не менее, необходимо. Эго высвобождение для близлежащих объектов электрической энергии в объеме 38,6 тыс. МВт⋅ч, а также уменьшение степени электрозависимости предприятия от энергосистемы, к которой сегодня стремятся большинство предприятий;
- чистый доход от реализации проекта при T=20 лет составит 202713,9 тыс. руб., а срок окупаемости пять лет;
- при использовании в расчете показателей эффективности нормы дисконтирования, относящейся к предприятию в целом ( $E = r_{\text{pep}} = 21$  %), величина чистого приведенного эффекта отрицательна и составляет —3334,7 тыс. руб., не окупая инвестиционные затраты;
- при включении амортизационный отчислений в денежный поток прироста экономии платы, величина чистого приведенного эффекта

составила 10356.1 тыс. руб., а лисконтированный срок окупаемости 10 пет

Следует иметь в виду, что в расчете не учитывались темпы роста тарифов на электрическую энергию и газ. При более детальном расчете. учитывающем темпы роста тарифов на ТЭР, величина годового объема Makapobar экономии платы (Э ) увеличится, что повлияет на конечные результаты расчетов. Учитывая тенденции дальнейшего роста цен на энергоресурсы, эффективность внедрения мини-ТЭЦ в ближайшем будущем будет несомненной

## 2.6. Теория и практика проведения энергетических обследований на водном транспорте

## 2.6.1. Законодательная база

На обеспечение энергосбережения и повышения энергетической эффективности нацеливает ряд нормативно-правовых документов.

Указ Президента РФ от 04.06.2008 г. № 889 требует принять меры по техническому регулированию повышения энергетической эффективности ряда отраслей, в том числе и транспорта, в целях снижения к 2020 г. энергоемкости внутреннего калового продукта РФ не менее, чем на 40 % по сравнению с 2007 г

ФЗ № 261 определяет треоования и механизмы реализации энергоэффективности. Первым отапом и ключевым инструментом обеспечения закона является энергетическое обследование объектов — «... сбор и обработка информации об использовании энергетических ресурсов в целях получения достоверных сведений, выявление возможностей энергосбережения и повышения энергетической эффективности с отражением полученных результатов в энергетическом паспорте...» (п. 7, ст. 2) Организации, подлежащие обязательному энергетическому обследованию (энергоаудиту), устанавливаются ст. 16 ФЗ № 261. Там же в п. 2 указываются сроки проведения обследования: «... обязаны организовать и провести первое энергетическое обследование... до 31.12.2012 г., последующие энергетические обследования — не реже ем один раз каждые пять лет». Деятельность по проведению энергетического обследования вправе осуществлять только лица, являющиеся членами саморегулируемых организаций (СРО) в области энергетического обследования (п. 4 ст. 18), внесённых в государственный реестр. Каждая СРО в области энергетического обследования обязана направлять заверенные ею копии энергетического паспортов в уполномоченный федеральный орган исполнительной власти (п. 2, ст. 17). Типовая форма энергетического паспорта утверждена Приказом Минэнерго № 182 от 19.04.2010 г. [44]. СРО в области энергетического обследования вправе утверждать стандарты и правила оформления энергетического паспорта и определения перечня мероприятий по энергосбережению и повышению энергоэффективности (п. 5, ст. 18 ФЗ № 261), дополняющие типовые формы.

2.6.2. Предприятия и организации водного транспорта, подлежащие обязательному энергетическому обследованию

Согласно ст. 16 ФЗ № 261 проведение энергетического обследования является обязательным для следующих юридических лиц:

- организации с участием государства или муниципального образования:
  - организации, осуществляемые виды деятельности;
- организации, совокупные затраты которых на потребление природного газа, дизельного и иного топлива, мазута, техновой энергии, угля, электрической энергии превышают 10 млн руб, за календарный год.

С 1 октября 2014 г. размер совокулных затрат был увеличен до 50 млн руб. (Постановление Правительства РФ от 14 августа 2014 г. № 818).

В реестр организаций, подведомственных Росречморфлоту Минтранса РФ, входят более 60 организаций, каждая из которых включает десятки объектов. Кроме того, в Приказах Федеральной службы по тарифам приводится перечень из 17 субъектов инфраструктуры внутренних водных путей и 286 субъектов — транспортных терминалов и портов. Каждый из субъектов по тому или иному из шести указанных критериев подлежит обязательному энергетическому обследованию. Также под требования ФЗ № 261 подпадают все средние и крупные судоходные компании.

Продукция предприятий и организаций водного транспорта весьма разнообразна и специфична. Важным моментом, требующим акцентирования, является факт отсутствия возможности отражения в типовых формах Энергетического паспорта, утвержденного Минэнерго, её отраслевой специфики. Указанный факт снижает ценность Энергопаспорта для Заказчика. Методические разработки, учитывающие разнообразие специфики как продукции, так и энергоиспользования предприятий водного транспорта, для проведения энергетического обследования и формирования энергетического паспорта увы, отсутствуют.

## 2.6.3. Конкретные технологии и средства энергосбережения, рекомендуемые для объектов водного транспорта

Как уже указывалось, к инновациям, влияющим на числитель формулы показателей ИМО, следует отнести:

- влияние на состояние корпуса судна и его движителей, в том чис-— использование оборудования главных и вспомогательных установого создание комбинированных энергетических установого применение схем короля применение схем кор ле окраска корпуса судна красками, снижающими сопротивление движению.
- новок с улучшенными энергоэкологическими характеристиками;
- бокой утилизации вторичных энергетических ресурсов для получения механической энергии, теплоты, «холода», пресной воды и проч.;
- использование нетрадиционных и альтернативных топлив (в том числе природного газа, компримированного КПГ и сжиженного СПГ, синтетических спиртов, водорода и проч.), создание энергетических установок, гибко перенастраивающихся на различные топлива;
- использование физической эксэргии тазовых топлив КПГ и СПГ (эксэргия состояния) в судовых энергетических установках:
- использование тепловых насосов в качестве замены вспомогательных котлов;
  - схемы использования аккумуляторов энергии;
- системы организации питания электроэнергией «с берега» во время стоянки судов;
- схемы получения жидкого или твёрдого CO<sub>2</sub> («сухого льда») из выхлопных газов энергетической установки;
  - использование фильтров поглотителей СО, и др.

Подобные инновации, справедливые для транспортного флота. в полной мере могут быть использованы и для технического флота ГБУВП и С, портофлота, а также для ледокольных судов, обеспечивающих дибо подходы к портам и терминалам, либо ледовую проводку судов транспортного флота.

Кроме указанных инноваций могут быть предложены и иные проекты. Перечень типовых мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности приводится во множестве специализированных изданий [45]. Так саморегулируемая организация Некоммерческое партнерство «Объединение участников рынка энергетического обследования и энергосбережении», «Энергобезопасность» (СРО НП «Три Э») предлагает «Методику определения потенциала

энергосбережения и перечня типовых мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности», СПб, 2011 г. Этот перечень, составленный для многих отраслей хозяйствования, включает и транспорт, но лишь железнодорожный, автомобильный и трубопроводный. Приказ Федеральный службы по тарифам [38] также приводит перечень обязательных мероприятий (табл. 2.35) конкретно для внутренних водных путей. Основные мероприятия по экономии электроэнергии, осуществляемые ГБУ «Волго-Балт», приведены в табл. 2.36.

Однако реализацией отдельных мероприятий по энергосбережению повышения энергетической эффективности отрасли достичь сдожно. Основное направление — создание системы энергетического менеджмента, составной часть которого и является реализация отдельных, частных мероприятий по энергосбережению.

Таблица 2.35
Приложение № 2 к приказу
Федеральной службы по тарифам
от 30 марта 2012 г. № 217-т

### ПЕРЕЧЕНЬ

обязательных мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности, подлежащих включению в программы в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности на 2013 – 2015 гг. убъектов естественных монополий, оказывающих услуги по использованию инфраструктуры внутренних водного путей, и сроки их проведения

Мероприятия	Срок проведения, гг.
Совершенствование систем управления энергетическими ресурсами и приборного учета за расходованием энергетических ресурсов	2013 – 2015
Разработка графика экономичной работы оборудования и оптимизация режимов работы энергодсточников, их количества и установленной мощьюсти с учетом корректировок схем энергосбережения, местных условий и видов топлива	2013 – 2015
Инструктаж персонала и организация системы контроля, учета и аудита всех видов энергетических ресурсов	2013 – 2015
Реконструкция или замена приборов учета, кабельных линий, энергоиспользующего оборудования водо-, тепло-, электроснабжения на современные аналоги с повышенным классом точности	2013 – 2015

Применение энергоэкономичных светильников, оптимизация режимов работы систем освещения, расширение использования светодиодной техники	2013 – 2015
Совершенствование тепловой изоляции зданий и теплосетей, оптимизация режимов работы систем отопления зданий и сооружений	2013 – 2015

теплосетей, оптимизация режимов работы систем отопления зданий и сооружений	2013 – 20		20
Основные мероприятия по экономии электроэн	Табля ергии (тыс. к	ица 2.36 Вт <b>ч</b>	ROBA
осуществляемые ГБУ «Волго-Ба.	лт»	Var	
Содержание мероприятий	План	Факт	
Улучшение теплоизоляции тепляков при ремонте бетона производственных помещений	и 15,0	20,0	
Автоматизация работы отопления, освещения, потокообразователей	68,0	77,0	
Выбор экономичного режима работы:  — силовых трансформаторов;  — обогрева ниш ворот в условиях продлённой навигаци и отопительных приборов в помещениях имозов до	4,0 70,5	4,0 79,5	
отопительного сезона и в зимний период,  — устранение фильтрации через уплотингельный контуратворов и ворот;  — компрессоров установок льдоотгона;	42,5	50,5	
– электродвигателей системы охлаждения трансформаторов 1Т-4Т IIIГЭС в зимний период	5,06,0	5,07,0	
(50 % отключение);  – обогрева пазов затворов работающих гидрогенераторов ДТСЭС в зимний период; всего по п. 3	42,0 170,0	46,0 192,0	
Внедрение энергосберегающего оборудования	18,5	19,5	
Bcero:	271,5	308,5	

Анализируя международный опыт обеспечения энергетической эффективности на объектах водных путей, следует отметить высокий износ объектов гидросооружений в России и выделить следующие прибритетные направления повышения энергетической эффективности:

- обеспечение учета на всех стадиях производства и потребления энергетических ресурсов;
- обеспечение надежности электроснабжения работы гидроузла (в том числе на основе создания резервного источника электроснабжения шлюза);

- модернизация электропривода подъемно-опускных ворот, в том числе на основе применения частотно-регулируемого электропривода;
- замена устаревшего насосного оборудования камер шлюза на современное, менее мошное, но обеспечивающее ту же производительность:
- оптимизация загрузки шлюза судами, на основе диспетчеризации судов;
- пада напора воды в микро- и малых гидростанциях.

папора воды в микро- и малых гидростанциях.
Предлагаемый перечень обязательных мероприятий по энергостению в транспортных терминалах и портах полностью состановлением мероприятий по энергостению в транспортных терминалах и портах полностью состановлением мероприятий по энергостению в транспортных терминалах и портах полностью состановлением мероприятий по энергостению в транспортных терминалах и портах полностью состановлением мероприятий по энергостением мероприятий мероприятий по энергостением меропри мероприятий мероприятий меро режению в транспортных терминалах и портах полностью совладает с аналогичным перечнем мероприятий для внутренних водных путей.

транспортной инфраструктуры, оказывающих услуги в транспортных терминалах и портах (определение Федеральной службы по тарифам  $P\Phi$ ) необходима разработка и утверждение не типовых, а специализированных Энергетических паспортов потребителей ТЭР, учитывающих всю специфику их работы.

К передовым международным практикам повышения экологичности и энергоэффективности деятельности порта относятся следующие основные технологии:

- организация берегового электропитания для заходящих судов;
- использование дизельного топлива высокого экологического класса (низкосернистого)
- ограничение скорести хода судов в определенном радиусе от порта;
- замена парка автомобилей и грузообрабатывающей техники на решения более высокого экологического класса, в том числе на альтернативных топливах с использованием систем очистки отработавших газов, систем рекуперации энергии;
  - автоматизированный контроль экологической обстановки;

строительство систем альтернативной электрогенерации;

- использование современных энергоэффективных технологий ос-
- поощрение персонала порта за использование велосипедного транспорта.

Однако следует отметить, что для применения рассмотренных энергоэффективных технологий имеются существенные ния по их применимости на большей части морских и речных портов России, особенно расположенных в районах ОУЭТ:

- использование топлив высокого экологического класса затруднено в силу того, что российские НПЗ практически не производят такие виды топлива;
- использование альтернативных топлив (биотопливо, водород и т. п.) затруднено в силу их ограниченной доступности на российском рынке;
- применение ряда систем альтернативной электрогенерации, в частности солнечных батарей, невозможно в силу существующих климатических условий и географического положения предприятий (районы Крайнего Севера).

Предложенная нами в разд. 3 «Методика определения показателей энергетической эффективности объектов инфраструктуры морского и речного транспорта» вводит конкретные показатели, отражающие особенности отраслевой инфраструктуры, а таблицы-реестры — конкретные мероприятия по энергосбережению для государственных бассейновых путей и судоходства и для портов и терминалов. Однако реализацией отдельных мероприятий по энергосбережению конечную цель — повышение энергетической эффективности и уменьшение энергоемкости на 40 % по сравнению с 2007 г. — достичь сложно.

Основным направлением достижения поставленной цели, по нашему мнению, является построение системы энергетического менеджмента, составной частью которого и являются реализация отдельных частных мероприятий по энергосбережению.

## Выводы по разделу 2

Перерастание энергетической проблемы в энергоэкологическую вследствие роста выбросов парниковых газов требует более комплексного подхода к выбору критериев энергосбережения. Анализ географических и климатических условий расположения объектов инфраструктуры водного транспорта показал широчайшее их разнообразие. Обеспечение проводки судов с помощью атомных ледоколов по Северному Ледовитому океану, судоходство в малообжитых районах Сибири и Северо-Востока России, необходимость увеличения продления навигационного периода и проч. вынуждают строить инфраструктуру водного транспорта, существенно отличающиеся от инфраструктуры других видов транспорта.

Можно разделить инфраструктуру водного транспорта на три обособленные группы.

1. Гидротехнические сооружения, находящиеся в собственности государства и подведомственных государственным бассейновым

управлениям. В составе последних в зависимости от объема работ могут находиться технические участки пути, гидротехнические сооружения, шлюзы, каналы, суда технического флота и специального назначения, вспомогательного суда.

- 2. Порты и транспортные терминалы морские и внутреннего судохолства.
  - 3. Судоремонтные базы и заводы (ССРЗ и СРЗ).

Для оценки удельной энергетической эффективности как транспорта в целом, так и его инфраструктуры международные и национальные документы предлагают ряд показателей, подчас плохо стыкующихся между собой. Система законодательства в области повышения энергетической и экологической эффективности в России и в промышленно развитых странах Запада различаются по своей идеологической сущности. Если на Западе принимаются законы прямого действия, то в России — законы общего действия, механизмы реализации которых определяются ведомственными инструкциями. Так, для реализации ФЗ № 261 Министерство энергетики РФ разработало типовые рекомендации по составлению нового энергетического паспорта предприятия, дополнительные требования к которому, учитывающие специфику объекта, могут разрабатывать саморегулируемые организации (СРО), имеющие право проводить энергетические обследование.

Локальные показатели энергети ческой эффективности иногда соединяются с такими же локальными показателями выбросов парниковых газов.

На наш взгляд необходима дополнительная разработка методик, согласующих энергетическую и экологическую эффективность инфраструктурных объектов водного транспорта с соответствующий энергетический и экологический эффективностью объектов основного транспортного процесса.

Анализ структуры технологического потребления топливно-энергетических ресурсов объектами флота и инфраструктуры водного транспорта, в том числе расположенных в районах, обусловленных удаленностью и экстремальными температурами, показал, что наиболее существенными являются затраты на дизельное топливо, мазут и электроэнергию.

В натуральном выражении наиболее используемыми для группы инфраструктурных объектов являются:

- для водных путей и гидросооружений дизельное топливо, электроэнергия и каменный уголь;
  - для речных портов дизельное топливо и электроэнергия;

– для морских портов — электроэнергия, дизельное топливо и мазут. Важным критерием выбора наиболее энергоемкого ресурса является и структура потребления в стоимостном выражении.

Теория и практика проведения энергетических обследований показали следующее.

Подавляющее большинство предприятий и организаций водного транспорта подлежат обязательному энергетическому обследованию согласно требованиям ФЗ № 261. Срок проведения первичного обязательного обследования истек 31.12.2012 г., после этого следует ожидать штрафных санкций. Большей части объектов водного транспорта еще предстоит проведение энергоаудита.

Выявлена необходимость разработки правил и стандартов проведения энергетического обследования, расчета показателей энергетической эффективности, формирования энергетического паспорта, определения перечня мероприятий по энергосбережению, отражающих специфические особенности продукции и энергопотребления предприятий и организаций водного транспорта. Указанные стандарты следует согласовать с уполномоченными федеральными органами исполнительной власти.

Целесообразно создание Центров энергоэффективности, учитывающих специфику водного транспорта, задачей которых является как обучение ответственных за энергетическое хозяйство (требуется законодательством), так и проведение энергетических обследований.

При формировании методологии определения показателей энергетической эффективности инфраструктуры водного транспорта были сделаны следующие ключевые выводы и заключения.

Все объекты инфраструктуры водного транспорта можно подразделить на три основные группы:

- водные пути и гидросооружения;
- порты и транспортные терминалы;
- судоремонтные базы и заводы (ССРЗ).

Дополнительно в районах ОУЭТ к объектам инфраструктуры относят педокольный флот. Именно для указанных групп инфраструктуры необходимо разработать методику установления показателей энергетической эффективности.

Анализ основных российских нормативных актов в области повышения энергетической эффективности выявил отсутствие единого подхода к определению показателя энергетической эффективности. ФЗ № 261 трактует энергоэффективность как отношение продукции к расходу энергоресурсов (результата к затратам), прочие — величину

обратную — расход энергии к объему произведенной продукции (отношение затрат к результату).

МЭА в качестве базового показателя энергетической эффективности определяет отношение потребления энергии к произведенной продукции. Важным индикатором энергетической эффективности МЭА выделяет удельные выбросы  $\mathrm{CO}_2$  (объем энергопотребления в расчете на единицу продукции, пересчитанный на основе коэффициентов содержания углерода). ИМО в качестве показателя энергетической эффективности использует показатель, по сути аналогичный МЭА — отношение количества произведенного парникового газа  $\mathrm{CO}_2$  к величине транспортной работы судна.

Согласно приказам ФСТ России установлены два показателя энергоэффективности для услуг в портах и (или) транспортных терминалах, а также услуг по использованию инфраструктуры внутренних водных путей: энергоэффективность в трактовке ФЗ № 261 и элергоемкость как величина, обратная энергоэффективности, что удовлетворяет условиям всех нормативных актов, изданных в России.

Учитывая вступление России в ВТО, в делях обеспечения гармонизации российских и международных показателей энергетической эффективности, по аналогии с требованиями к показателям энергетической эффективности судна, целесообразно включить дополнительным критерием энергоэффективности в Методику показатель выброса СО<sub>2</sub>, определяемый как отношение количества произведенного парникового газа СО<sub>2</sub> к величине произведенной работы.

## Разлел 3. ПРАКТИКА ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ НА ОБЪЕКТАХ ВОЛНОГО ТРАНСПОРТА. ЗАЛАЧИ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ

Использование научных подходов по повышению энергетической ективности объектов флота и транспортной инфраструктуры тановить следующего транспортной инфраструктуры становить следующего повышению транспортной инфраструктуры становить следующего повышению транспортной инфраструктуры становить следующего повышению за районах с ограниченной транспортной инфраструктуры с повышению за районах с ограничению за районах с огран эффективности объектов флота и транспортной инфраструктуры. бенно в районах с ограниченной транспортной доступностью, позволило установить следующее.

Россия располагает самыми протяженными, самыми современными внутренними водными путями в мире, но используют их крайне неэффективно. Причем объяснить это только объективными причинами, например, ограниченным периодом навигации или быстрым развитием других видов транспорта, никак нельзя. В материалах дискуссионной статьи д-ра техн. наук В. А. Кривошея, бывшего ответственного работника Минречфлота РСФСР, Президента НРИ, «Вода и море: XXI век», «О речном транспорте и его проблемах», опубликованной в июле 2010 г. в газете «Природно-ресурсные ведомости», №7 (358), говорится [46]:

«Огромную роль в неэффективности речных перевозок играют субъективные факторы; непродуманное реформирование управления речным транспортом, неправильно выбранные приоритеты развития речного транспорта, необоснованные, а иногда и просто ошибочные решения, связанные с развитием флота и внутренних водных путей и др.»;

«Речной транспорт — самый экономичный, экологичный, безопасный вид транспорта. В отдельных странах им перевозится до 15 % общего объема перевозимого груза. В России ситуация совершенно иная. Строя самый большой в мире речной флот, подгоняя под него реки и каналы, упустили из виду себестоимость перевозок, вследствие чего эначительная часть грузопотоков, принадлежащих речному транспорту, оказалась у его основного конкурента — железнодорожного транспорта. В результате роста себестоимости перевозок грузонапряженность внутренних водных путей существенно сократилась и в настоящее время примерно в семь раз ниже, чем в среднем в мире. В 2009 г. общий объем перевозок речным транспортом составил менее 1 % от общего

объёма перевозок грузов. Флот практически не строится, за исключением незначительного количества судов «река – море». Доставшиеся в наследство от Советского Союза российские речные суда всё чаще перепродаются, постепенно приходят в негодность и выводятся из эксплуатации.

Металлоемкость таких судов существенно выше, чем у зарубежных аналогов, а затраты на топливо — в два, а иногда и в три раза больше, чем у современных зарубежных моделей.

— в два, а иногда и в три раза боль-см у современных зарубежных моделей. Сложившееся положение в речной отрасли наглядно подтверждает, речной транспорт уже практически вышел из транспортись. что речной транспорт уже практически вышел из транспортной систе мы России и значительного влияния на экономику страны не оказывает. Более того, он продолжает сдавать свои позиции и, если в ближайшее время не будут приняты кардинальные меры, фактически прекратит своё существование, что будет позором для страны, имеющей самую разветвлённую и весьма совершенную сеть внутренних водных путей». Подтверждением мнения В. А. Кривошея является и Государственная программа Российской Федерации «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на период до 2020 года» [8]. Она имеет подпрограмму «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на транспорте».

В одной из задач Программы заявлена необходимость формирования целостной и эффективной системы управления энергосбережением и повышением энергетической эффективности на основе комплексного развития инфраструктуры, обучения и повышения квалификации руководителей и специалистов занятых в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности, пропаганды и внедрения системы энергетического менеджмента. Правда, эта Программа предполагает осуществление её только железнодорожным и трубопроводным транспортом, и лишь при оценке потенциала повышения энергоэффективности на 2007 г. приводится некоторая оценка потенциала и других видов транспорта.

Подпрограмма «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на транспорте» устанавливает целевые индикаторы и показатели, практически не применимые на внутреннем водном и морском транспорте, и, если для железнодорожного транспорта существует «Методика по проведению энергетического аудита объектов» ОАО «РЖД», то для объектов водного транспорта в связи с его спецификой такие методики следует разрабатывать и утверждать.

Во введении к «Транспортной стратегии Российской Федерации на период до 2030 года» [34] указывается, что «... в России появились существенные ограничения роста экономики, обусловленные недостаточным развитием транспортной системы. Сегодняшние объемные и качественные характеристики транспорта, особенно его инфраструктуры, не позволяют в полной мере и эффективно решать задачи растущей экономики...».

Анализируя современное состояние и проблемы развития, определяя прогнозные качественные и количественные параметры развития транспортной системы, формируя её цели, приоритеты и задачи, в том числе и с учётом регионального аспекта развития, Транспортная стратегия предлагает и механизмы реализации на различных этапах развития транспортной системы. Рассмотрено несколько вариантов развития: инерционный, энергосырьевой и инновационный.

В отношении водного транспорта и его инфраструктуры прогнозируется значительное увеличение строительства морских и речных судов транспортного, пассажирского и вспомогательного (включая технический) флота, развитие Северного морского пути и инфраструктуры арктических портов, дальнейшее развитие и техническое перевооружение многих морских и речных портов, особенно в пунктах взаимодействия различных видов транспорта, в том числе дия организации северного завода грузов и перевозок пассажиров.

Предполагается комплексная реконструкция гидротехнических сооружений и внутренних водных путей Амурского и Ленского бассейнов, строительство низконапорного тидроузла на р. Волге в Нижегородской области, реконструкция элементов Городецкого, Чебоксарского, Самарского и Саратовского гидроузлов на р. Волге, Чайковского, Пермского и Нижне-Камского гидроузлов на р. Каме, Павловского гидроузла на р. Белой реконструкция гидроузлов Волго-Донского канала, Волгоградского и Николаевского гидроузлов, плотины Кокчетавского гидроузла, Северо-Донецкой и Манычский шлюзовых систем, устранение отдельных лимитирующих участков внутренних водных путей Азово-Донского и Волжского бассейнов и проч. Россия лидирует по добыче уплеводородов в Арктике, обгоняя в этом вопросе США. В связи с открытием ряда месторождений в Обской губе в ближайшие 10 лет прирост запасов углеводородов возрастет. Предполагается разработка арктического шельфа и проч.

Транспортная стратегия РФ на период до 2030 г. предусматривает, в том числе, строительство судов обеспечивающего флота (ледоколов, аварийно-спасательных и др.). В 2016-2030 гг. планируется продолжить строительство и модернизацию судов обслуживающего флота (атомные и дизель-электрические ледоколы и др.), в том числе трех

атомных ледоколов нового типа мощностью 60 МВт для обеспечения круглогодичной работы транспортных судов на трассах Северного морского пути, ряда дизель-электрических ледоколов для обслуживания месторождений на шельфах северных морей, портовых ледоколов-буксиров мощностью 6-7 МВт и проч.

Предполагается развитие инфраструктуры арктических и других портов. Пример подобного объекта инфраструктуры представлен на рис. 3.1.



Рис. 3.1. Многофункциональный педокол-снабженец «Витус Беринг»

Многофункциональный ледокол-снабженец «Витус Беринг» [47] будет использоваться на месторождении Арктун-Даги. Подобные многофункциональные ледоколы — дизель-электрические суда мощностью 13 МВт смогут проводить ледовые операции и осуществлять круглогодичную поставку на нефтяные платформы персонала, необходимого снабжения и расходных материалов, а также участвовать в аварийно-спасательных работах, борьбе с разливами нефти и т. д. Конструкция ледоколов позволяет использовать их в зимних условиях во льдах толимной до 1,7 м. Технические характеристики ледокола-снабженца «Витус Беринг» следующие: дедвейт — 3950 т, главные размерения: длина — 99,9 м, ширина — 21,2 м, осадка — 7,9 м., мощность: 13 МВт, лёдопроходимость: 1,7 м, осадка максимальная — 7,9 м, экипаж: 22 человека, владелец — «Совкомфлот».

Транспортная стратегия также устанавливает, что развитие и техническое совершенствование федеральной и региональной транспортной инфраструктуры подлежит государственному регулированию.

Государственное регулирование подтверждает создание и совершенствование нормативно-правовой базы, а также создание эффективной системы управления, в том числе регулирование уровня удельных транспортных издержек в цене продукции, включая разработку и ввод в действие методов, стимулирующих снижение совокупных удельных транспортных издержек, механизмов мониторинга совокупных удельных транспортных издержек в цене конечного продукта.

Индикаторы реализации Транспортной стратегии одной из своих целей предполагают «Формирование единого транспортного пространства России на базе сбалансированного развития эффективной транспортной инфраструктуры», а другой целью — снижение вредного воздействия транспорта на окружающую среду. Какими же едиными индикаторами следует оценить энергетическую эффективность объектов инфраструктуры и её вклад в общую энергоэффективность?

Показатели энергетической эффективности разнообразны и подчас плохо увязаны между собой. Необходимо их уточнение, поскольку единый для отрасли индекс энергетической эффективности, учитывающий влияние на него объектов инфраструктуры, при всём её разнообразии и специфике, отсутствует. Необходимость разработки и утверждения подобного индекса энергоэффективности по отрасли устанавливается Правительством РФ его распоряжением от 27 сентября 2012 г. № 1794-р «О плане мероприятий по совершенствованию регулирования в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности в Российской Федерации» [36]. Необходимость разработки отраслевых дорожных карт по повышению эффективности и энергосбережения и мер по стимулированию в этой сфере, фиксирующих все действия по внедрению инновационных технологий, высказал Премьер-министр РФ Дмитрий Медведев 22 ноября 2013 г. на заседании совета по модернизации экономики.

Первый шагом в указанном направлении должно стать проведение энергетического обследования.

# 3.2. Практика проведения энергетических обследований на водном транспорте

## 3.2.1. Ценность и экономическая эффективность энергетических обследований

Что нужно знать Заказчику о ценности и эффективности энергетического обследования? Какова экономическая эффективность энер-

гетического обследования? Не является ли оно способом легкого заработка энергоаудиторов, и где гарантии, что затраченные деньги окупятся? Все эти вопросы, часто задаваемые руководителями предприятий, чрезвычайно важны и вполне уместны, поскольку, в отличие от привычной сферы материальных взаимоотношений «заплатил деньги — получил и «ощутил» товар», речь идет о финансировании интеллектуального труда, первым видимым результатом которого является один-два томика исписанной бумаги.

Энергоаудит — это методически и инструментально достоверное обследование энергетических систем предприятия. Энергоаудит дает обоснованный ответ на вопросы: каково текущее состояние, каково динамика и резервы энергопотребления и насколько его можно снизить (в энергетическом эквиваленте и рублях), реализовав предложенные конкретные, наиболее эффективные с технической и экономической точки зрения мероприятия, сколько средств для этого потребуется, за какой период времени инвестиции окупятся. Заказчик может получить три основных результата, определяющих выводы и пользу от его проведения.

- 1. Формальное выполнение требования ФЗ № 261. Согласно п. 8 ст. 9.1.6. Кодекса РФ «Об административных правонарушениях» № 195-ФЗ, «несоблюдение сроков проведения обязательного энергетического обследования влечет за собой наложение административного штрафа на должностных или в размере от десяти тысяч до пятнадцати тысяч руб.; на лиц, осуществляющих предпринимательскую деятельность без образования юридического лица, от десяти тысяч до пятнадцати тысяч руб.; на юридических лиц от пятидесяти тысяч до лвухсот пятидесяти тысяч руб.».
- 2. Всестороннюю, развернутую в динамике оценку эффективности работы энергетического комплекса (оформляется Энергетическим паспортом и Отнетом об энергетическом обследовании);
- 3. Разработку комплекса обоснованных рекомендаций по снижению и оптимизации энергетической составляющей в общих затратах предприятия и дальнейшей системной модернизации энергетического комплекса с учетом перспектив развития предприятия, (оформляется Ирограммой энергосбережения и повышения энергетической эффективности).

Несомненно, что помимо решения формальных задач по выполнению требований  $\Phi$ 3 № 261, главнейшим результатом обследования является Программа. Очевидно также, что экономический эффект от проведения обследования носит косвенный характер и аккумулируется на

этапе реализации Программы. Так от чего же зависит качество и эффективность обслелования?

Сегодня выполнение энергоаудита представляет собой сложную, до конца не изученную научно-техническую задачу, имеюшую много неизвестных. Так, например, стандарты по выполнению энергоаудита в СРО в области энергетического обследования (на 02.10.2014 г. в РФ насчитывается около 160 СРО) в ряде случаев существенно отличаются друг от друга как по заполнению типовых форм Энергопаспорта, так и в проведении инструментального обследования; оценке экономиче ской эффективности рекомендуемых мероприятий. Каждая энергохудиторская фирма по-своему решает эту задачу и обходит острые углы. Возможно, есть такие аудиторы, которые вообще не забивают себе голову методическими проблемами и приходят на объект для того. чтобы протолкнуть конкретные, «близкие» им технологии. В этом случае об объективности и точности результатов речи быть не может. В зарубежной практике одним из требований к энергоаудитору является отсутствие связи с поставщиками оборудования, однако в нашей стране препятствий для такой ситуации нет.

Многие производители и поставщики энергоэффективного оборудования, диверсифицируя свою деятельность, создают подразделение энергоаудита. При таком подходе, с одной стороны, Заказчик может получить работу «под ключ» (от выявления мест неэффективного энергоиспользования, выявления мероприятий по их оптимизации, до реализации, внедрения последних). С другой стороны, имеет место большая вероятность рекомендации «продвигаемого» оборудования в ущерб технической и экономической целесообразности.

В общем случае уровень энергоаудита зависит, прежде всего, от опыта проведения аналогичных работ и квалификации специалистов, а также от «вооружения» проверенными методиками и современными приборами.

Формально для допуска к обследованию от энергоаудиторской компании требуется только свидетельство о вступлении в СРО в обласки энергетических обследований. На сегодняшний день подготовка специалистов по энергоаудиту сводится, в основном, к прохождению краткосрочного специализированного обучения (в объеме 72 учебных часов) независимо от специализации базового образования. В свете имеющихся методических проблем, а также тенденции к усложнению работ по энергетическим обследованиям, требования к квалификации специалистов должны быть высокими. Энергоаудитор должен уметь использовать современные способы измерения энергетических

параметров и методики обработки данных, хорошо владеть вычислительной техникой, разбираться в технологии генерирования, передачи и потребления тепловой и электрической энергии и т. п. Помимо навыков обследования, энергоаудитор должен обладать достаточно полными знаниями по проектированию, испытанию и наладке как обследуемых систем, так и предлагаемых мероприятий. При соответствии аудитора только формальным требованиям (членство в СРО), риск того, что проведенный энергоаудит будет «бесполезным», существенно возрастает.

По каким параметрам можно контролировать качество выполненных работ? Формально, перед присвоением номера Энергетическому паспорту, СРО проводит контроль качества обследования. Как правило. этот контроль проводится на основании экспертизы, осуществляемой собственными силами или с привлечением экспертной организации (выбранной из членов своего СРО). Экспертизе подлежат, прежде всего, Техническое задание на обследование, Энергетический паспорт, Отчет об обследовании. Но экспертиза, как правило, проводится по формальным критериям (соответствие результатов работы ТЗ и стандартам СРО, наличие корреляции данных в формах Энергопаспорта, корректность перевода объема потребления ТЭР в условное топливо и т. п.). Программа энергосбережения пелесообразность рекомендуемых мероприятий, расчет эффекта от преализации, как показывает практика, не анализируются. Подобная экспертиза выявит явные ошибки, но не более того. Некоторые СРО экспертизу качества результатов вообще не проводят, аргументируя, что доверяют своим энергоаудиторским компаниям. Таким образом, по-настоящему качество и результативность обследования может обеспечить лишь само заинтересованное лицо — Заказчик, организуя как конкурсный отбор исполнителей, так и принимая участие в работе (контролируя и согласовывая промежуточные и конечные результаты проведения обследования).

## Программа энергосбережения

Одним из существенных параметров качества обследования является точность и объективность обоснования мероприятий, составляющих ядро работы — Программу повышения энергетической эффективности. Федеральный закон «Об энергосбережении» содержит требование о том, что Программа должна содержать типовые мероприятия. Если заказчик и исполнитель услуг по проведению энергетического аудита ограничиваются таким подходом, то как Программа, так и само обследование почти теряют смысл. Типовые мероприятия и примитивный расчет их эффективности — это совсем не то, в чем сегодня нуждается

эффективный собственник. Необходимо добиться того, чтобы аудитор руководствовался не только требованиями законодательства, но и критериям к реализации проектов, существующими на предприятии-заказчике. Аудитор должен представить расчеты, достаточные для принятия решений о реализации конкретных проектов и мер.

Расчет эффективности мероприятий, рекомендуемых по итогам энергоаудита, должен быть представлен в том же формате, что и расчет по остальным проектам предприятия. По каждому мероприятию должно быть предоставлено обоснование целесообразности, источников формирования стоимости; ясно должно быть показано, как и при каких условиях формируется эффект. Так или иначе, обоснованию полъежат все экономические характеристики предлагаемых энергосберегающих мероприятий: необходимые инвестиции, срок реализации, ожидаемый экономический эффект, дополнительные текущие затраты, производные критерии оценки — показатели прибыльности, сроки окупаемости, чистый приведенный доход, внутренняя норма доходности и др.

Кроме всего этого должны быть предложень контролируемые параметры энергоэффективности для дальнейшего мониторинга энергопотребления и анализа результативности выполнения программы энергосбережения. Практика показывает, что многие энергоаудиторские компании нередко просто не в состоянии выполнить столь трудоемкую, но чрезвычайно важную работу или не хотят чрезмерно себя озадачивать.

Об эффективности внедрения мероприятий энергосбережения Следует отметить, что максимальный потенциал повышения энергоэффективности существует на предприятиях, характеризующихся:

- низким уровнем производственной активности;
- значительными структурными изменениями основного производства;

бессистемно реализуемой модернизацией объектов энергохозяйства, приводящей к деградации проектных схем ресурсообеспечения;

– примитивной кадровой политикой омоложения и сокращения штатов в системе управления энергокомплексов. В частности, это те предприятия, где количественный и качественный состав персонала энергетической службы или отдела главного энергетика недостаточен для обеспечения эффективной работы энергокомплекса.

На современных, устойчиво работающих производствах, потенциальные возможности увеличения эффективности использования ресурсов не столь существенны.

Самым распространенным препятствием для достижения экономической эффективности проведения энергоаудита является отказ

от финансирования работ по внедрению мероприятий энергосбережения. Это объясняется тем, что зачастую энергоэффективные проекты финансируются на предприятиях по остаточному принципу, несмотря на то, что программа энергосбережения, как правило, формируется из многократно согласованных мероприятий, эффективность которых доказана, а затраты на внедрение приемлемы. О высокой экономической эффективности энергетического обследования в подобных случаях говорить не приходится. Таким образом, роль энергоаудита можно сравнить с результатами биопсии в медицине. Сам по себе аудит ничего не меняет (за исключением выполнения требования законодательства), но представляет собой принципиальный диагноз состояния энергетического комплекса предприятия, т. е., как таковой, энергоаудит окупаемостью не обладает.

Энергоаудит чрезвычайно важен как стартовое звело на пути к оптимизации работы энергокомплекса, но эффективен только в случае его качественности. Выполненный формально, энергоаудит освободит заказчика от уплаты штрафа, но принимать системное решение о путях и средствах оптимизации работы энергокомплекса не позволит. Соответственно, в зависимости от выбранного варианта энергоаудита (формальный или неформальный), заказчику следует руководствоваться разными критериями как при выборе энергоаудиторской компании, так и по цене.

Первый вариант (формальный — формирование Энергопаспорта и типовых энергосберегающих мероприятий) предполагает поиск исполнителей по наименьшей стоимости. При этом, чем ближе эта стоимость к размеру штрафа за непроведение аудита, тем лучше. В данном случае качество обследования не является определяющим фактором.

Если же заказчик желает разобраться с «черным ящиком», как зачастую называют энергокомплекс предприятий, и сформировать действенную систему мер по оптимизации его работы и существенному снижению энергозатрат (второй вариант — неформальный), целесообразно.

а) принимать участие в разработке и уточнении Технического задания, объектов и объёмов инструментального обследования;

б) производить квалификационный отбор на основе установления требований к участникам конкурса (по продолжительности работы в энергоаудите; по опыту работ на предприятиях аналогичных отраслей и видов деятельности; по наличию квалифицированного персонала; по умению рассчитывать экономический эффект; по наличию поверенного приборного парка для инструментального обследования; а также

по опыту и знанию, как рынка современных технологий, так и отсутствию связи с поставщиками оборудования); оптимальный вариант отбора — на основе серьёзного собеседования;

в) осуществлять контроль промежуточных и конечных результатов обследования

На основании практики проведения энергетических обследований можно утверждать, что в ряде случаев предприятия могут получить программу мероприятий, при реализации которой возможная экономия может достигать до 100 руб. на один рубль, вложенный в проведение энергоаудита.

Энергоаудит — это достаточно затратное мероприятие. По опыту проведения энергетических обследований объектов стоимость таких обследований составляла — 2 – 4 % затрат на ТЭР. Полытка получить результат (Энергетический паспорт и Программу мероприятий по повышению энергетической эффективности) при малых затратах приводит лишь к формальному выполнению ФЗ № 261. Так, летом – осенью 2011 г. Московское управление Росмориорт объявило тендер на проведение энергетического обследования 2 – 14 портов по очень малой стоимости этих работ. О существовании утвержденных методик учёта специфики работы морских портов, отличающихся от работы типовых объектов, нам неизвестно. Вне рамок энергоаудита была проведена хоздоговорная научно-исследовательская работа сотрудниками Государственной морской академии имени адмирала С. О. Макарова по разработке Инструкции по расходу топлива на судах вспомогательного и ледокольного флота, обеспечивающих работу порта, но это не методика энергоаудита.

Летом 2012 г. Волжское государственное бассейновое управление (ГБУВП и С), г. Самара, объявляло тендер на проведение энергоаудита в своём ГБУ. При отсутствии методик энергоаудита, учитывающих громадное различие, особенности многих объектов, проведение такого обследования также сводилось к формальному поводу изъятия денег. Отсутствует нормативно-правовая и методическая база оценки энергетической эффективности инфраструктуры в единой связи её с работой основного ядра транспорта — энергоэффективности судоходных комнаний. Появление каких-либо «Стандартов СРО», не согласованных с Заказчиком — Минтрансом, не решает проблем повышения энергоэффективности отрасли. Каждый решает свои проблемы индивидуально. Так, в результате уменьшения затрат на путевые работы уменьшаются размеры судового хода и снижается эффективность работы флота и проч.

Далее приведены результаты анализа энергетических обследований некоторых объектов инфраструктуры водного транспорта по их энергетическим паспортам, составленным по типовым правилам энергоаудита.

### 3.2.2. Водные пути и гидротехнические сооружения

В качестве объекта обследования инфраструктуры внутреннего водного транспорта выбран «субъект естественных монополий, оказывающих услуги по использованию инфраструктуры внутренних водных путей» (Приказ ФСТ от 30.03.2012 г. № 217-т) [38] — ФБУ «Волю-Балтийское государственное бассейновое управление водных путей и судоходства («Волго-Балт»). ФБУ «Волго-Балт» является территориальным органом государственного управления в системе Министерства транспорта России и имеет в своем составе девять подразделений, которые поддерживают работоспособность Волго-Балтийского водного пути: Свирский, Вытегорский, Шекснинский районы гидросооружений и судоходства, Невско-Ладожский, Череповенкий, Новгородский и Гвардейский районы водных путей и судоходства, а также Бассейновый узел связи.

Основными задачами ГБУ «Волго-Балт» являются:

- эксплуатация и развитие водных путей и гидротехнических сооружений;
- государственное регулирование деятельности речного транспорта по вопросам, отнесённым к компетенции государственных органов;
- обеспечение безопасности судоходства, экологической и пожарной безопасности:
- диспетчерское регулирование движения судов и проводка судов государственными лоцманами.

Волго-Баут — одна из важнейших водных магистралей, входящих в единую глубоководную систему внутренних водных путей Европейской части России. Это сложный комплекс инженерных объектов, включающий в себя 4900 км эксплуатируемых водных путей, в том числе 3270 км с гарантированными габаритами, 35 земляных плотин и дамб, 9 мостовых переходов, а также:

- 11 шлюзов с напором от 11 до 18 м;
- 3 гидроэлектростанции;
- 13 паромных переправ;
- 8 маяков в Ладожском озере;
- более 5000 знаков судоходной остановки;
- 273 единицы обслуживающего флота;

 - здания специальной инфраструктуры (общежития, жилые дома, детские сады и др.).

Выбранный объект является типичным среди 14 подобных «субъектов естественных монополий, оказывающих услуги по использованию инфраструктуры внутренних водных путей». Исходной информацией для исследования является Энергетический паспорт Администрации ГБУ «Волго-Балт», регистрационный № 771-2013. Этот паспорт составлен в соответствии с требованиями Минэнерго РФ [44] путем обобщения отчетов по девяти структурным подразделением ГБУ. К Номенклатуре основной продукции относят количество пропущенных рейсов, а объ ем производства основной продукции (услуг) измеряется в тыс. руб. В форме энергетического паспорта «Сведения о показатедях энергетической эффективности» приводится лишь один показатель— *vдель*ная энергоемкость: т УТ/количество пропушенных рейсов. В формах Энергопаспорта указаны в натуральном выражении расходы различных топлив по каждой автомашине, обстановочному теплоходу, земснаряду и дноуглубительному крану и проч., но отсутствуют сведения (и типовой Энергопаспорт этого и не требует) по объему производимой ими продукции. Указаны также расходы топливно энергетических ресурсов по каждому из десятков зданий. Ряд форм оказывается просто незаполненными, поскольку не отражают специфику объекта. Нет сведений по использованию где-либо вторичных энергетических ресурсов. В форме Энергопаспорта доля платы за энергоресурсы в стоимости произведенной объектом продукции не превышает 9 %, что в отсутствие мотивации не ставит проблему энергосбережения и повышения энергетической эффективности в число первоочередных.

При составлении Энергетического паспорта была проведена громадная обобщающая работа, но это обобщение пока не позволяет выявить различные пути энергосбережения в конкретных звеньях объекта инфраструктуры. Складывается впечатление, что как энергоаудиторы, так и Заказчик не знали о существовании Приказа № 217-т от 30.03.2012 г. ФСТ России [38], о показателях и требованиях к программам в области энергосбережения и повышение энергетической эффективности.

Таким образом, достаточно дорогостоящее обследование было выполнено, с одной стороны, в соответствии с требованиями нормативных документов, с другой стороны, носило формальный характер и ввиду отсутствия возможности учета специфики деятельности и энергопотребления объектов ГБУ не позволило выявить места неэффективного энергоиспользования и сформировать работоспособную программу

энергосбережения для объектов ГБУ. Иными словами, требования  $\Phi$ 3 № 261 были выполнены (обязательное обследование было проведено), а фактического эффекта обследование не принесло.

## 3.2.3. Порты и транспортные терминалы

В качестве объекта обследования инфраструктуры морского транспорта выбран «субъект естественных монополий, оказывающий услуги транспортный терминал и портах...» ( Приказ ФСТ [38]) — ОАО «Морской порт Санкт-Петербург», а также объект инфраструктуры нового типа — интегрированный транспортно-складской и товарно-транспортный комплекс — транспортно-экспедиционная компания ООО «Модуль», основанная в Санкт-Петербурге в 1992 г.

ОАО «Морской порт Санкт-Петербург» является типичным «субъектом естественных монополий» из 166, указано в Приказе ФСТ. ООО «Модуль» владеет терминалами в ряде субъектов России, собственным парком автомашин, собственными складскими помещениями, железнодорожными подъездными путями и подвижным составом, а также сетью офисных зданий. Терминалы оборудованы соответствующей перегрузочной техникой. Имеется свой центр диагностики и ремонта автомашины и другой перегрузочный техники.

К особенностям инфраструктуры портов необходимо отнести и наличие собственных судов портофлот, что также следует учесть при оценке энергетической эффективности инфраструктуры. Так для портов и плавания в морских районах с удалением от мест убежища до 100 миль для ломки льда, участия в спасательных операциях, эскортных операциях со скоростью до 10 узлов и проч. предназначены эскортные буксиры и многофункциональные аварийно-спасательные суда, а для продления навигации — ледоколы типа «Невская застава».

Программа непосредственного обследования выбранных объектов предполагает установление соответствия типовой Методике проведения энергетических обследований и составление энергетического паспорта потребителя топливно-энергетических ресурсов, предписанный Минэнерго России, и «Методикой установления и оценки энергетической эффективности объектов инфраструктуры морского и речного транспорта». Исходной информацией для исследования является энергетический паспорт потребителей топливно-энергетических ресурсов ОАО «Морской порт Санкт-Петербург» и ООО «Модуль» (рег. № ЭЭЭ/ 0-2012-1-002086-60). Эти паспорта также составлены в соответствии с типовыми формами Минэнерго РФ [44].

К номенклатуре основной продукции порта относится транспортная обработка грузов. Объем производства продукции (работ, услуг) измеряется в денежном выражение — тыс. руб. в год. При этом происходит подразделение этой продукции на основную и дополнительную. Последняя дается без расшифровки, что не позволяет конкретизировать ее и установить приоритетный ряд мероприятий по энергосбережению. THE TOTAL STATE OF THE PARTY OF Потребление энергетических ресурсов по номенклатуре основного производства приводится как в натуральном (тыс. т УТ), так и в денежном выражении (тыс. руб.).

К показателям энергетической эффективности относятся:

- энергоемкость производственный деятельности -
- удельный расход электроэнергии на объем оказания услуг тыс. кВт/т·ч:
- удельный расход тепловой энергии на объем оказания услуг Гкал/т:
- удельный расход условного топлива на производство тепловой энергии котельными — кг УТ/Гкал;

удельная энергоемкость — тыс. т УТ/тыс. руб.

Приводятся данные по потреблению воды — всего и на производство основной продукции. В формах Энергопаспорта указывается в натуральном выражении расход различных топлив по каждой автомашине, теплоходу, плавучему крану и проч. без указания произведенный ими работы. Указаны также расходы топливно-энергетических ресурсов по каждому из зданий. Ряд форм Энергопаспорта оказывается незаполненным, так как они не отражают конкретику работы объекта. Нет сведения по использованию вторичных энергетических ресурсов. Приведенные в форме Энергопаспорта сведения о доле платы за энергоресурсы в стоимости произведенной объектом продукция для ООО «Модуль» составляют 2,6 – 4,07 %, а для ОАО «Морской порт Санкт-Петербург» — 6,06 – 9,69 %.

Отсутствие мотивации к энергосбережению и малая доля затрат на ТЭР не ставит в глазах руководителя проблему повышения энергетической эффективности в число первоочередных. При составлении Энергопаспорта была проведена большая дорогостоящая работа, которая, однако, не позволяет выявить пути и приоритеты мероприятий по повышению энергетической эффективности объекта в целом. Складывается впечатление, что как Заказчик, так и энергоаудиторы не знали о существовании Приказа № 219-т от 30 марта 2012 г. «Об установлении требований к программам в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности субъектов естественных монополий, оказывающих услуги в транспортных терминалах и портах, на 2013 - 2015 гг.» или считали его для себя необязательным.

## 3.2.4. Доработка Методики энергетического обследования объектов инфраструктуры водного транспорта

Возможность адаптации типовых форм проведения энергетического обследования специфики водного транспорта оказалась достаточно слабой, поэтому нами была сделана попытка создания специальной методики определения показателей энергетической эффективности объектов инфраструктуры морского и речного транспорта, отражающей отраслевую специфику, включающую как интегральные, так и локальные показатели для водных путей и гидросооружений и для портов и транспортных терминалов.

Проведенное энергетическое обследование позволило применить Методику проведения энергоаудита объектов транспортной инфраструктуры — ГБУВП и С и доказало возможность ее использования. При этом в процессе анализа возникла необходимость доработки Методики по следующим позициям.

Методика установления и оценки энергетической эффективности транспортной инфраструктуры в части объектов внутреннего водного транспорта касается лишь показателей энергетической эффективности — интегральных и локальных. И если существует Методика по проведению энергетического аудита объектов ОАО «РЖД», то для объектов внутреннего водного и морского транспорта о существовании подобных нормативных декументов нам не известно.

Прежде всего, необходимо определиться с индикаторами, которыми должна оцениваться энергетическая эффективность не только и не столько отдельных элементов конкретных объектов инфраструктуры, а также местом этих индикаторов и их влиянием на основное назначение транспорта — перевозку грузов и пассажиров и проч. Затем эти согласованные индикаторы должны быть утверждены на достаточно высоком профессиональном уровне. Так, показателем энергетической эффективности проектирующихся и находящихся в эксплуатации судов Международной морской организацией (ІМО) определено количество парниковых газов СО<sub>2</sub>, выбрасываемых судном при производстве конкретной работы за какой-либо промежуток времени, (кг СО<sub>2</sub> на т/км). При всей некорректности наименования этого показателя, безусловно связанного с энергетической эффективностью работы судна и флота в целом, он утвержден на сессии ИМО и вступает в действие с 01.01.2013 г. Подобным или иным показателем

оценивать энергетическую эффективность работы объектов инфраструктуры? Как привести к единому показателю работу (и её энергетическую эффективность) судов вспомогательного флота, например, ледоколов, работу отопительной котельной и административного задания? А структура потребления энергии и производимая при этом «работа» объектов инфраструктуры — ГБУВП и С, портов и терминалов разнообразна.

Методики дополнительного энергетического обследования специфических для водного транспорта объектов его инфраструктуры практически отсутствуют. И если для судостроительно-судоремонтных заводов (ССРЗ) типовая методика проведения энергетического обследования оказывается приемлемой, то специфические особенности ГБУВП и С, терминалов и портов требуют разработки специальных методик и утверждения их основным заказчиком — государственным органом, а не какой-либо саморегулируемой организацией в области проведения энергетических обследований.

Энергетический паспорт объекта – юридического лица должен быть дополнен документом, определяющим потенциал энергосбережения, а также документом-перечнем энергосоерегающих мероприятий с оценкой экономической целесообразности и финансовых вложений в энергетическую эффективность. Для принятия решения о реализации каких-либо мероприятий по энергоебережению на конкретном объекте следует первоначально установить начало отсчёта — энергобазис объекта, что также может быть результатом энергоаудита. Таким образом, проведение энергоаудита требует достаточно длительной работы при серьёзных финансовых затратах. Как уже указывалось, часто проведение энергоаудита силами СРО носит лишь формальный характер и не позволяет построить «дорожную карту» повышения энергетической эффективности исследуемого объекта. Типовая Методика не позволяет этого сделать в полной мере. Использование доработанной и утвержденной Методики проведения энергоаудита и получение энергетического паспорта объекта инфраструктуры транспорта — лишь первый шаг на пути и энергосбережения и повышения энергетической эффективности транспорта.

Решение проблемы энергосбережения в промышленно-развитых странах достигается на основе реализации энергетического менеджмента — процесса оптимизации управления использованием энергии. Цель энергетического менеджмента — внедрение в текущие управленческие практики процессов управления использованием энергии. Системы энергоменеджмента могут быть разработаны как для отдельных орга-

низаций (судоходных компаний, ГБУВП и С, портов и пр.), так и для подотрасли в целом.

Из сказанного следует:

- методика установления и оценка энергетической эффективности транспортной инфраструктуры в части внутреннего водного транспорта касается лишь показателей энергоэффективности (интегральных и локальных) и требует доработки, создания энергетических паспортов отдельных объектов инфраструктуры: гидросооружений, портов, судов портофлота, ледоколов и судов сопровождения и проч.;
- доработанная и утвержденная Методика энергоаудита объектов инфраструктуры является лишь первым шагом на пути создания опстем энергетического менеджмента внедрение в текущие управленческие практики процессов управление и использованием энергии.

## 3.3. Установление и оценка показателей энергетической эффективности объектов водного транспорта

3.3.1 Возможности адаптации типовой методики проведения энергетического обследования к специалике водного транспорта

«Энергетический паспорт променленного потребителя топливно-энергетических ресурсов. Основные положения. Типовые формы», введенный в действие с 01.09.2000 г, в настоящее время признан устаревшим и отменён.

Во исполнение ФЗ № 261 издан Приказ Минэнерго № 182 от 19.04.2010 г. «Об утверждении требований к энергетическому паспорту, составленному по результатам обязательного энергетического обследования и энергетическому паспорту, составленному на основании проектной документации, и правил направления копии энергетического паспорта, составленного по результатам обязательного энергетического обследования» (зарегистрирован в Минюсте России 07.06.2010 г. № 17498) [44]. Этот приказ устанавливает единые обязательные формы по отражению необходимых показателей и информации. Приказ также разъясняет, что при наличии обособленных подразделений обследуемою оридического лица (филиалов, дочерних обществ, промплощадок, объектов и пр.) в других субъектах Российской Федерации и муниципальных образованиях к энергетическому паспорту прилагаются также формы, заполненные по каждому обособленному подразделению.

В соответствии с п. 4 ст. 15 ФЗ № 261, «деятельность по проведению энергетического обследования вправе осуществлять только лица,

являющиеся членами саморегулируемых организаций» (СРО) в области энергетического обследования.

В соответствии с пп. 4 и 5 ст. 18 ФЗ № 261 СРО в области энергетического обследования обязаны разработать и утвердить стандарты и правила проведения энергетических обследований, а так же вправе утверждать иные стандарты и правила. В связи с этим содержание энергетического паспорта может дополняться в зависимости от видов деятельности обследуемого юридического лица, объекта обследования (зданий, строений, сооружений производственного или непроизводственного назначения, энергетического оборудования, технологитеских процессов и др.). Эти дополнения отражаются в виде придожений к единым обязательным формам или в виде отдельных форм энергетического паспорта.

Всё это в полной мере относится к объектам водного транспорта.

Форма энергетического паспорта составленного на основании проектной документации (Приложение № 24 к Требованиям к энергетическому паспорту...), касается лишь многоквартивного здания, а для других объектов требует разработки.

Таким образом, в настоящее время существует единственный типовой документ для составления нового энергетического паспорта, утвержденный Приказом Минэкерго России. О наличии других нормативно-методических документов, учитывающих особенности функционирования как основного ядра водного транспорта — флота, так и разнообразных объектов инфраструктуры водного транспорта, и утвержденных соответствующими заинтересованными органами, нам не известно. На 02-10.2014 г. в Российской Федерации насчитывается около 160 СРО области энергетического обследования, и именно на них возложены обязанности разработки и утверждения дополнительных стандартов энергоаудита, учитывающих всё разнообразие специфика объектов.

Как указывалось ранее, многие положения российских законов в области энергосбережения по своей идеологии существенно отличаются от аналогичных законов промышленно развитых стран. Коренное различие в законодательном регулировании кроется в принятой в России практике нормотворчества, когда разрабатываются так называемые законы общего действия, Указы Президента, Постановления Правительства, механизмы реализации которых определяются ведомственными инструкциями, разработка которых иногда тормозится различного рода отговорками типа «Неподпаданием под действие закона». На Западе обычно принимаются законы прямого действия.

Понимание недостаточности имеющейся нормативно-методической базы, необходимость её доработки необходимостью разработки и утверждения единого для отрасли индекса энергетической эффективности (по отраслям) устанавливается Распоряжением Правительства РФ от 27 сентября 2012 г. № 1794-р «О плане мероприятий по совершенствованию государственного регулирования в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности в Российской Федерации», уже упоминавшимся ранее [36]. И если для новых и эксплуатируемых судов Международная Морская Организация (ІМО) предлагает индексы энергетической эффективности — EEDI и EEOI (см. п. 2.5.1) го здесь приводится методика определения показателей энергетической эффективности объектов инфраструктуры водного транспорта, предлагаемая нами.

3.3.2. Методика определения показателей энергетической эффективности объектов инфраструктуры морского и речного транспорта (проект)

## Обшие положения

Методика определения показателей энергетической эффективности объектов инфраструктуры водного транспорта состоит из разделов в соответствии со следующим способом группировки:

- водные пути и гидросооружения;
- порты и транспортные терминалы;
- судоремонтные базы и заводы (ССРЗ).

Все объекты инфраструктуры можно разделить на типовые и объекты, отражающие отраслевую специфику морского и речного транспорта. К типовым объектам, прежде всего, относятся административно-хозяйственные, культурно-бытовые и жилые здания и сооружения, находящиеся в ведении предприятий инфраструктуры. Методика расчета показателей энергетической эффективности по типовым объектам представлена в Приказе Минэнерго № 182 от 19.04.2010 г.

Настоящий подраздел Методики рассматривает принципы определения показателей энергетической эффективности только для объектов, огражающих отраслевую специфику инфраструктуры морского и речного транспорта. Деятельность судоремонтных баз и заводов в малой степени отражает отраслевую специфику инфраструктуры водного транспорта, имеет схожие черты энергопотребления аналогичных заводов всех остальных видов транспорта. В соответствии с условиями п. 1.3. подраздела Методики, показатели энергетической эффективности для указанной инфраструктурной группы не рассматриваются.

Показатели энергетической эффективности, отражающие отраслевую специфику объектов инфраструктуры, подразделяются на интегральные показатели и локальные.

К интегральным относятся два показателя энергетической эффективности:

- энергоемкость производственной деятельности (E);
- сти (Э).

Понятия и интегральные показатели, используемые в настоящем разделе Методических указаний, соответствуют оправления в ФЗ № 261. и в Приментации в Стана в Ст подразделе Методических указаний, соответствуют определениям данным в ФЗ № 261, и в Приказах ФСТ России № 219-т от 30 марта 2012 г. «Об установлении требований к программам в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности субъектов естественных монополий, оказывающих услуги в транспортных терминалах и портах, на 2013 – 2015 гг.» и № 217-т от 30 марта 2012 г. «Об установлении требований к программам в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности субъектов естественных монополий, оказывающих услуги по использованию инфраструктуры внутренних водных путей, на 2013 – 2015 гг.».

Учитывая вступление России в ВТО, для обеспечения гармонизации российских и международных показателей энергетической эффективности в качестве третьего интегрального показателя дополнительно принимается показатель удельного выброса СО, — отношение количества произведенного парникового газа СО к объему производственной деятельности ( $E_{con}$ ).

К локальным относятся показатели, отражающие энергоиспользование объектов инфраструктурных групп разукрупнённо, в зависимости от специфики их видов деятельности.

Определение показателей энергетической эффективности объектов инфраструктуры морского и речного о транспорта, отражающих его отраслевую специфику

Водные пути и гидросооружения

Интегральные показатели:

- энергоемкость производственной деятельности (Е), определяется как отношение годовых суммарных затрат энергетических ресурсов на производственную деятельность в условном исчислении к объему работ в натуральных показателях (т YT/V, где V — объем работ в натуральном исчислении (условный объем (модуль) судна, куб. м);
- энергетическая эффективность производственной деятельности (Э), определяется как отношение объема работ в натуральных показате-

лях к годовым суммарным затратам энергетических ресурсов на производственную деятельность в условном исчислении, м<sup>3/</sup>т УТ;

– удельный выброс  ${\rm CO_2}$  ( $E_{\rm CO2}$ ), определяется как отношение количества произведенного парникового газа  ${\rm CO_2}$  к величине производ-

произведенного парникового газа CO<sub>2</sub> определяется как произведение годовых суммарных затрат энергетических ресурсов на производственную деятельность и безразмерного конверсионного коэффициента приведения ТЭР к выбросам CO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>/кг топлива.

Расчет интегральных показателей энергетической эффективности для инфраструктурной группы «Водные пути и гидросооружения» представлен в табл. 3.1.

Таблица 3.1 Расчет интегральных показателей энергетической эффективности для инфраструктурной группы «Водные пути и гидросооружения»\*

Наименование	Ед. изм.	Номер строки	План	Факт
Объем оказываемых услуг	тыс. руб.	(1)		
Условный объем судна (модуль)	тыс. куб. м	(2)		
Годовые затраты на топливно- энергетические ресурсы	oHI			
	тыс кВт ч	(3)		
Энактроморгия	тыс. т УТ	(4)		
Электроэнергия	т СО			
	тыс. руб.	(5)		
	тыс. Гкал	(6)		
Тепловая энергия	тыс. т УТ	(7)		
тепловая энертия	т СО	(8)		
	тыс. руб.	(9)		
	тыс. т	(10)		
TINO TO TO THE TOTAL THE TOTAL TO THE TOTAL	тыс. т УТ	(11)		
Дизельное топливо	т СО	(12)		
*	тыс. руб.	(13)		
	тыс. т	(14)		
Marrie	тыс. т УТ	(15)		
Мазут	т CO <sub>2</sub>	(16)		
	тыс. руб.	(17)		

					_
	тыс. т	(18)			1
E.	тыс. т УТ	(19)			1
Бензин	т СО	(20)			1
	тыс. руб.	(21)			1
	тыс. м <sup>3</sup>	(22)			]
Газ	тыс. т УТ	(23)			
1 43	т CO <sub>2</sub>	(24)		450	8
	тыс. руб.	(25)		192	
	тыс. т	(26)		7	
Уголь	тыс. т УТ	(27)	<sup>7</sup> O.		]
УГОЛЬ	т CO <sub>2</sub>	(28)	$\mathcal{O}$		]
	тыс. руб.	(29)			
	тыс. т УТ	(30)00			]
Всего энергоресурсов	т CO <sub>2</sub>	(31)			]
	тыс. руб.	(32)			]
Энергоемкость производственной	HI				
деятельности на единицу условного объема (модуля) судна	т УТ/куб. м	(33) = (30) / (2)			
Энергоэффективность производственной деятельности (с учетом условного объема (модуля) обслуживаемых судов)		(34) = (2) / (30)			
Удельный выброс CO <sub>2</sub>	т СО <sub>2/</sub> куб. м	(35) = (31) / (2)			

<sup>\*</sup>При разработко табл. 3.1 использованы данные Приложения 5 к Приказу ФСТ России № 217-т од 30 марта 2012 г.

Интегральные показатели энергетической эффективности рассчинываются как в целом по ГБУВП и С, так и отдельно по филиалам.

#### В. Локальные показатели:

— энергоемкость содержания эксплуатируемых водных путей ( $E_{\rm BI}$ ), определяется как отношение годовых суммарных затрат энергетических ресурсов по ГБУВП и С в условном исчислении к протяженности эксплуатируемых им водных путей (т УТ/L, где L — протяженность эксплуатируемых водных путей, км);

- удельный расход топлива на содержание 1 км путей с гарантированными габаритами ( $E_{\Pi \Gamma \Gamma}$ ), определяется как отношение годовых суммарных затрат на топливо в натуральном выражении к протяженности эксплуатируемых водных путей с гарантированными габаритами ( $T/L_{\Pi \Gamma \Gamma}$ , где  $L_{\Pi \Gamma \Gamma}$  протяженность эксплуатируемых водных путей с гарантированными габаритами, км);
- удельный расход электрической энергии на перекачку 1 тыс. куб. м. воды судоходным шлюзом ( $E_{_{\rm III}}$ ), определяется как отношение годовых суммарных затрат электрической энергии в натуральном выражении к объему перекаченной воды шлюзом (кВт·ч/ $V_{_{\rm IIII}}$ ), где  $V_{_{\rm IIII}}$  гольвой объем перекаченной воды шлюзом, тыс. куб. м);
- энергоёмкость рейса при паромной переправе ( $E_{\rm паром}$ ), определяется как отношение годовых суммарных затрат на топливо в натуральном выражении к количеству рейсов, осуществленных судном/паромом (т/ $N_{\rm паром}$ , где  $N_{\rm паром}$  количество рейсов, осуществленных за год транспортным средством, рейс, чел., др.). Показатель может определяться для групп однотипных судов, осуществляющих паромную переправу;
- энергоемкость ледокольной проводки ( $E_{\rm ледокол}$ ), определяется как отношение годовых суммарных затрат на тодливо в натуральном выражении к объему работы, выполненной ледоколом (т УТ/ $V_{\rm ледокол}$ , где  $V_{\rm ледокол}$  работа, выполненная ледоколом(ами), рейс, час, миль, сут);
- энергоемкость работы землечерпательного флота ( $E_{3.\mathrm{ЧЕРП}}$ ), определяется как отношение годовых суммарных затрат на топливо в натуральном выражении, потребленных флотом к объему работ в натуральных показателях ( $\mathrm{T}/E_{3.\mathrm{ЧЕРП}}$ , где  $E_{3.\mathrm{ЧЕРП}}$  объем работ земснаряда в натуральном исчислении, час, сут, куб. м);
- энергоемкость работы обслуживающего технического флота ( $E_{\rm OEC.R.\Phi}$ ), определяется как отношение годовых суммарных затрат на топливо в натуральном выражении к объему работ в натуральных показателях (т/ $V_{\rm OEC.R.\Phi}$ , где  $V_{\rm OEC.R.\Phi}$  объем работ в натуральном исчислении, рейс тукм, км, пассукм, проч.). Аналогично предыдущему показателю, рассматриваемый показатель возможно рассчитывать для групп одночилных объектов технического флота.

Могут быть предложены и иные показатели энергетической эффективности.

#### Порты и транспортные терминалы

#### А. Интегральные показатели:

– энергоемкость производственной деятельности (E), определяется как отношение годовых суммарных затрат энергетических ресурсов

на производственную деятельность в условном исчислении к объему работ в натуральных показателях (т УТ/1 GT и т УТ/т, где GT — валовая вместимость судна, т — тонна перегружаемого груза);

- энергетическая эффективность производственной деятельности (Э), определяется как отношение объема работ в натуральных показателях к годовым суммарным затратам энергетических ресурсов на производственную деятельность в условном исчислении (1 GT/т УТ и т/т УТ);
- удельный выброс  $\mathrm{CO}_2$  ( $E_{\mathrm{CO2}}$ ), определяется как отношение количества произведенного парникового газа  $\mathrm{CO}_2$  к величине произволоственной деятельности в условном исчислении (т  $\mathrm{CO}$  /1 GT и  $\mathrm{CO}$  ). Количество произведенного парникового газа  $\mathrm{CO}_2$  определяется как произведение годовых суммарных затрат энергетических ресурсов на производственную деятельность и безразмерного конверсионного коэффициента приведения ТЭР к выбросам  $\mathrm{CO}_2$ ,  $\mathrm{CO}_2$  кг толичва.

Расчет интегральных показателей энергетической эффективности для инфраструктурной группы «Порты и транспортные терминалы» представлен в табл. 3.2.

Таблица 3.2 Расчет интегральных показателей энергелической эффективности для инфраструктурной группы «Порты и транспортные терминалы»

Наименование	Ед. нам.	Номер строки	План	Факт
Объем оказываемых услуг	ъіс. руб.	(1)		
Общая валовая вместимость судов	тыс. GT	(2)		
Объем перегрузки	тыс. т	(3)		
Годовые затраты на топливно-энергетические ресурсы				
	тыс. кВт∙ч	(4)		
250	тыс. т УТ	(5)		
Электроэнергия	т СО	(6)		
*	тыс. руб.	(7)		
	тыс. Гкал	(8)		
T	тыс. т УТ	(9)		·
Тепловая энергия	т СО	(10)		
	тыс. руб.	(11)		

Продолжение табл. 3.2

	тыс. т	(12)		
п	тыс. т УТ	(13)		
Дизельное топливо	т СО	(14)		
	тыс. руб.	(15)		
	тыс. т	(16)		
.,	тыс. т УТ	(17)		
Мазут	т СО	(18)		43
	тыс. руб.	(19)	A	Via
	тыс. т	(20)		7
Γ	тыс. т УТ	(21)	0	
Бензин	т СО	(22)	0.	
	тыс. руб.	(23)	7	
	тыс. м <sup>3</sup>	(24)		
T.	тыс. т УТ	(25)		
Газ	т СО	(26)		
	тыс. руб.	(27)		
	тыс. д	(28)		
37	тыс т УТ	(29)		
Уголь	т СО,	(30)		
	тыс. руб.	(31)		
A.	тыс. т УТ	(32)		
Всего энергоресурсов	т СО	(33)		
0	тыс. руб.	(34)		
Энергоемкость производ- ственной деятельности на ед. валовой вместимости судна**	т УТ/GТ	(35) = (32) / (2)		
Энергоемкость производственной деятельности на т перегружаемого груза***	т УТ/т	(36) = (32) / (3)		
Энергоэффективность производственной деятельности (с учетом общей валовой вместимости обслуживаемых судов)**	GT/т УТ	(37) = (2) / (32)		

Энергоэффективность производственной деятельности (с учетом общего грузооборота)***	тыс. т УТ	(38) = (3) / (32)	
Удельный выброс CO <sub>2</sub> на ед. валовой вместимости судна**	т CO <sub>2/</sub> GT	(39) = (33) / (2)	
Удельный выброс CO <sub>2</sub> на т перегружаемого груза***	т СО <sub>2</sub> /т	(40) = (33) / (3)	43

<sup>\*</sup> При разработке табл. 3.2 использованы данные Приложения 5 к Приказу ФСТ России № 219-т от 30 марта 2012 г.

#### Б. Локальные показатели:

- энергоемкость ледокольной проводки (С  $_{\rm ледокол}$ ), определяется как отношение годовых суммарных затрат на топливо в натуральном выражении к объему работы, выполненной ледоколом (т  ${\rm YT}/V_{\rm ледокол}$ , где  $V_{\rm ледокол}$  работа, выполненная ледоколом(ами), рейс, час, миль, сут);
- удельный расход электроэнергии при погрузо-разгрузочных работах ( $E_{\mbox{прогр/выгр } \mbox{-}3л.Эн}$ ). Ноказатель рассматривает работу только устройств перевалки грузаю электроприводом, определяется как отношение годовых суммарных затрат на электроэнергию перегрузочными устройствами к объему работ в натуральных показателях (кВт·ч /  $V_{\mbox{погр/выгр } \mbox{-}3л.Эн}$ , где  $V_{\mbox{ногр/выгр } \mbox{-}3л.Эн}$  объем перегруженных грузов перегрузочными устройствами с электроприводом, т, м³, ед.). Показатель определяется но основным группам грузов;
- удельный расход топлива при погрузо-разгрузочных работах ( $E_{\text{прогр/выгр топл}}$ ). Показатель рассматривает работу только устройств перевалки груза, работающих на жидком топливе, определяется как отночение годовых суммарных затрат на топливо перегрузочными устройствами к объему работ в натуральных показателях (т УТ / $V_{\text{погр/выгр топл}}$ , где  $V_{\text{погр/выгр топл}}$  объем грузов, перегруженных устройствами, работающими на жидком топливе, т, м³, ед.). Показатель определяется по основным группам грузов;
- энергоемкость хранения груза ( $E_{\rm XP}$ ), определяется как отношение годовых суммарных затрат энергетических ресурсов, затраченных

<sup>\*\*</sup> Устанавливается для организаций, оказывающих в портах регулируемые услуги, за исключением услуг по погрузке. выгрузке и хранению грузов.

<sup>\*\*\*</sup> Устанавливается для организаций, оказывающих в транспортных терминалах и портах услуги по погрузке, выгрузке и ранению грузов.

на хранение груза на объем работы складов в натуральных показателях (т  ${\rm YT}/T_{\rm XP}$ , (где  $T_{\rm XP}$  — производительность склада, т·сут, ед.·сут, м³·сут). Показатель определяется по типам грузов и видам хранения (открытий и крытый склад);

- энергоёмкость рейса при паромной переправе ( $E_{\rm паром}$ ), определяется как отношение годовых суммарных затрат на топливо в натуральном выражении к количеству рейсов, осуществленных судном/ паромом ( ${\rm T}/V_{\rm паром}$ , где  $V_{\rm паром}$  количество рейсов, осуществленных за год транспортным средством, рейс, чел., др.). Показатель можел определяться для групп однотипных судов, осуществляющих паромную переправу;
- удельный расход топлива на буксировку при швартовых операциях ( $E_{\text{буксир}}$ ), определяется как отношение годовых суммарных затрат буксирами на топливо в натуральном выражении к объему работ в натуральных показателях (т/ $V_{\text{буксир}}$ , где  $V_{\text{буксир}}$  объем швартовых услуг, выполненных за год буксирами, 1 GT · peйc);
- энергоемкость работы обслуживающего технического флота порта ( $E_{\rm OBCЛ.\Phi}$ ), определяется как отношение головых суммарных затрат на топливо в натуральном выражении к объему работ в натуральных показателях (т/ $V_{\rm OBCЛ.\Phi}$ , где  $V_{\rm OBCЛ.\Phi}$  объем работ в натуральном исчислении (рейс, т·км, км, пасс·км, проч.)). Показатель может определяться для групп однотипных объектов технического флота.

Могут быть предложены и иные показатели энергетической эффективности.

#### Заключительные положения

Настоящая методика рассматривает энергетическую эффективность деятельности групп инфраструктуры в отдельности, не учитывая влияние друг на друга и воздействие на эффективность деятельности главного ядра — транспортного флота. В ряде случаев увеличение энергетической эффективности отдельного объекта инфраструктуры может привести к снижению энергетической эффективности других объектов инфраструктуры и (или) судов и наоборот. Актуальным является выявление факторов взаимного влияния ухудшающих/улучшающих энергетическую эффективность групп объектов инфраструктуры и флота и поиск вариантов определения единого для подотрасли индекса/показателя энергетической эффективности, учитывающего влияние на него объектов инфраструктуры во всем их многообразии и специфике.

# 3.4. Мероприятия Программы повышения энергетической эффективности, отражающие специфику объектов водного транспорта

Одним из существенных параметров качества энергетического обследования является точность и объективность выбора и объективность выбора и обоснования мероприятий, представляемых в Программе повышения энергетической эффективности. Типовые мероприятия, рекомендованные энергоаудиторами в проанализированных нами энергетических паспортах, слабо отражают специфику энергоснабжения и использования объектов инфраструктуры водного транспорта. Нами был разработан реестр мероприятий по энергосбережению как для портов и транспортных терминалов (19 пунктов) — табл. 3.3, так и для ГБУВП и С (17 пунктов) — табл. 3.4.

Мероприятия по энергосбережению инфраструктурных объектов морского и региого транспорта. Порты и транспортные терминалы

№	Топливно- энергетический ресурс	Наименование мероприятия	Применяемые дехнологии, оборудование и материалы	Экономический эффект
1.	Все используемые ТЭР	Внедрение системы энергетического менержмента в соответствии с требованиями международного стандарта ISO 50001:2011 «Системы энергоменеджмента. — Требования с руководством по использованию»	Является организационно-техническим мероприятием, повышает управляемость и координацию деятельности по управлению энергети-ческими системами всех объектов предприятия	от 3 % годовых затрат на ТЭР
D3	Электрическая энергия	Установка устройств компенсации реактивной мощности на перегрузочном оборудовании и трансфор- маторных подстанциях	Установка специальных компенсирующих установок типа КРМ	а) сокращение потерь мощности в трансформаторах, и, как следствие, сокращение затрат на электроэнергию; б) сокращение затрат, связанных с оплатой потребления реактивной энергии

			<i>F</i> -	оолжение таол. 3.3
3.	Электрическая энергия	Модернизация кранового оборудования или замена на более современное	В среднем износ кранового оборудования по морским и речным портам составляет 85 %, что требует проведения их замены или модернизации	энергопотребление современного или модернизированного портального крана по сравнению с традиционными типами кранов обеспечивает сни-жение электропотребления не менее чем на 20 % за счет изменения системы управления электрооборудованием
4.	Электрическая энергия	Модернизация электропривода основных механизмов. Установка частотнорегулируемого электропривода	Регулируемый асин-хронный электропривод или частотно-регулируемый привод состоит из асинхронного электродвигателя и инвертора (преобразователя часто в ПЧ), кото-рый выполняет роды регулятора скорости вращения асинхронного электродвигателя. Иреобразователь частоты (авто-матический регулятор частоты) — устройство, пре-образующее входное напряжение 220 В/380 В частотой 50 Гц, в выходное импульсное напряжение посредством ШИМ (широтно-импульсной модуляции), которое формирует в обмотках двитателя синусоидальный ток частотой от 0 Гц до 400 Гц. Таким образом, плавно увеличивая частоту и амплитуду напряжения, подаваемого на обмотки асинхронного электродвигателя, обеспечивается плавное регулирование скорости вращения его вала	15 - 50 %

Продолжение табл. 3.3

5.	Электрическая энергия (дизельное топливо)	Рациональный выбор перегрузочной техники для обработки конкретного типа груза	При нерациональном выборе техники для переработки навалочных грузов возможный перерасход за навигацию может составить 30 — 35 тыс. кВт-ч на один кран. Аналогичная ситуация обстоит со штучным грузом. Необоснованный выбор типа грейфера на навалочных грузах также влечет за собой рост удельных расходов электроэнергии	до 20 %
6.	Электрическая энергия (дизельное топливо)	Поиск оптимальных технологий грузовых работ для одного и того же груза	Например, перегрузка контейнеров зраном АГ рац 5*30» по варианту судно — склад стропами и специальным захватом может составить по сравнению с последним повышенный расход электроэнергии на 18 %	до 20 %
7.	Электрическая нергия (дизельное топливо)	Повышение квалификации крановщиков	Более высокая квалификация крановщиков повышает не только повысить производительность, но и работать с меньшими затратами энергии	5 – 15 %

8.	Электрическая энергия, топливо	Применение РВС-технологии	РВС-технология — комплекс работ по обработке машин и механизмов ремонтновосстановительными составами (РВС) с целью восстановления их характеристик без вывода из эксплуатации. РВС представляет собой минеральную композицию, которая при добавлении в штатную систему смазки обрабатываемого механизма реализует эффект «безызносности» (http://www.rystech.ru/rvs_tech_hist.html)	- снижение потребления электроэнергии и топлива, в зависимости от исходного состояния обрабатываемого оборудования, от 2 % (на новом оборудовании и с малой наработкой часов эксплуатации), до 15 % (на старом оборудований большой наработкой); - увеличение межремонтного ресурса) работы узлов искеханизмов до двух раз; - увеличение полезной мощности механизмов различного типа от 5 % до 15 %; - увеличение ресурса масел до двух раз; - снижение электрохимических коррозионных процессов; - снижение вредных выбросов двигателей внутреннего сгорания (ДВС); - увеличение выносливости механизмов в режиме масляного голодания
9.	Электрическая энергия	Применение прогрессивных систем освещения зданий, территорий и акватории порта с использованием светодиодных источников света	Применение энергосберегающих источников света, в том числе светодиодных, позволит существенно сократить как затраты электроэнергии на освещение, так и затраты на обслуживание системы освещения и утилизацию ламп	до 80 %

		11000	оолжение таол. 5.5
Электрическая энергия	Установка автомати- зированной системы технического учета электрической энергии (АИИС ТУЭ), охваты-вающей наиболее крупных потребителей	Процессы, происходящие на объектах автоматизации, отображаются на автоматизированных рабочих местах — реализуются управление, мониторинг, диагностика, контроль потребления электроэнергии, а также администрирование, документооборот и диагностика аварийных состояний электрооборудования	5-25 %  Nate
Электрическая энергия	Повышение надежности электрических контактов. Диагностика состояния контактных соединений на основе применения термо иц/ликаторов	Термоиндикаторы — сложные вещества, соторые при достижении определенной температуры резко наменяют свой цвет за счет химического взаимодействия компонентов. Изготавливаются в виде наклеек разным диапазоном температур (от 40 до 260 °C). Термоиндикаторы могут быть нереверсивные многоразовые. Наряду с термо-индикаторами, применяются термоиндикаторные композиции (термокраски), изменяющие окраску при достижении определенной температуры	Мероприятие направлено не на экономию ТЭР, а на повышение надежности электрических контактов. Целесообразность применения термоиндикаторов обосновывается возможностью предотвращения возникновения локальных и глобальных пожаров, ущерб от которых может многократно превысить затраты на применение индикаторов

				1170	оолжение таол. 5.5
	2.	Электрическая энергия Дизельное	Организация	Смазка ЭПС-98 предназначена для снижения и стабилизации электрического сопротивления разборных контактных соединений	В соответствии с требованиями ГОСТ 10434, ЭПС-98 обеспечивает: – снижение переходного контактного сопротивления в 2 – 10 раз и стабилизацию его на низком уровне на весь срок службы контактов при температурых до 150 °С (кратковременно до 250 °С); — защиту контактов при многократных и длительных токовых перегрузках и перегревах до 150 °С без заметного измене-ния исходных электрических показателей; — защиту электрических контактов от коррозии; — снижение потерь электроэнергии Зависит от условий
		топливо	берегового электропитания для заходящих судов		предоставления питания
			Обслужи	вающий флот	
1	4.	Дизельное	Использование	Использование	Сокращение
	<u>+</u>	топливо	использование природного газа как топлива для судов в комбинации с дизельным топливом	использование нетрадиционных и альтернативных топлив (в том числе природного газа — компримированного КПГ и сжиженного СПГ, синтетических спиртов, водорода и проч.). Применение энергетических установок, гибко перенастраивающихся на различные топлива	сокращение выборосов парниковых газов; размер экономии требует индивидуальных расчетов

Продолжение табл. 3.3

			Tipot	оолжение таол. 3.3
15.	Дизельное топливо	Реализация организа- ционно- технических мероприятий по оптимизации логистики перемещения судна	1. Полное использование транспортных характеристик судна — грузоподъемности, грузовместимости и т. д. 2. Выбор схем наиболее рационального перемещения грузов. 3. Выбор оптимальных скоростей движения судна. 4. Обеспечение надлежащего состояния корпуса судна и его движителей (в том числе — окраска корпуса судна красками снижающими сопротивление движейно)	2-6%
16.	Дизельное топливо	Модернизация оборудования главных и вспомогательных установой судна в целях улучиения элерго-экологических характеристик	Замеца главных домателей и иного оборудования на более современное энергоэффективное	2-6%
17.	Дизельное топливо	Использование тепловых насосов	Замена вспомогательных автономных (топливных) котлов	3 – 5 %
18.	Дизельное пошливо	Оборудование главных и вспомогательных двигателей системами использования вторичных энергоресурсов основанных на когенерации и тригенерации энергии	Когенерация и тригенерация энергии — схемы глубокой утилизации вторичных энергетических ресурсов для получения механической энергии, теплоты, «холода», пресной воды и проч.	до 10 %

	Сокращение выбросов				
19.	Дизельное топливо	Установка на обслужи- вающих судах систем очистки отрабо- тавших газов (газовых катали- заторов)	Позволяет использовать тяжелые виды топлива (дешевые, но с большим содержание серы 2,2 %) по сравнению с более дорогим малосернистым. Контроль выбросов вступает в силу в зонах контроля выбросов (ЕСА) в 2015 г., а в 2020 г. — по всему миру	Система обеспечивает снижение содержания Sox до уровня 0,1 %, что соответствует нормативам IMO	

Таблица 3.4

# Мероприятия по энергосоережению инфраструктурных объектов морского и речного транспорта. Государственные бассейновые управления водных путей и судоходства

№	Топливно- энергетический ресурс	Наименование мероприятия	Применяемые технологии, оборудование и материалы	Экономический эффект
1.	Все используемые ТЭР	внедрение системы энерге- тического менеджмента в соответствии с требованиями междуна- родного стандарта ISO 50001:2011 «Системы энерго- менеджмента. — Требования с руководством по использованию»	Является организационно- техническим мероприятием, повышает управляемость и координацию деятельности по управлению энергетическими системами всех объектов предприятия	от 3 % годовых затрат на ТЭР

Продолжение табл. 3.4

2.				
	Электрическая энергия, топливо	Применение РВС-технологии	РВС-технология — комплекс работ по обработке машин и механизмов ремонтновосстановительными составами (РВС) с целью восстановления и улучшения их характеристик без вывода из эксплуатации. РВС представляет собой минеральную композицию, которая при добавлении в штатную систему смазки обрабатываемого механизма реализует эффект «безызносности» (http://www.rvs-tech.ru/rys.tech_hist.html)	- снижение потребления электроэнергии и топлива, в зависимости от исходного состояния обрабатываемого оборудования, от 2 % (на новом оборудовании и с малой наработкой, часов эксперудовании с большой наработкой); увеличение межремонтного ресурса работы узлов и механизмов до двух раз; — увеличение полезной мощности механизмов различного типа от 5 % до 15 %; — увеличение ресурса масел до двух раз; — снижение электрохимических коррозионных процессов; — снижение вредных выбросов двигателей внутреннего
3	учектрическая Энергия	Реконструкция системы освещения шлюза (наружного и внутреннего)	Применение энерго- сберегающих источ- ников света, в том числе светодиодных, позволит существенно сократить как затраты электроэнергии на освещение, так и затра- ты на обслуживание системы освещения и утилизацию ламп	<ul><li>– снижение вред- ных выбросов дви-</li></ul>

4. Электрическая энергия Модернизация насосного оборудования гидроузла, в том числе насосов осушения камер привод состоит	15 – 50 %
шлюза, на более современное энерго- эффективное, в ряде случаев укомплектованное частотно- регулируемым электро- приводом преобразователя на ситхронного электродвигателя. Преобразователь на стоты (автоматический регулятор частоты) — устройство преобразующее входное напряжение 220 дв 380 В частото 50 Гц, в выходное напряжение посредством ШИМ (широтно-импульсной модуляции), которое формирует в обмотках двигателя синусоидальный ток частотой от 0 Гц до 400 Гц. Таким образом, плавно увеличивая частоту и амплитуду напряжения, подаваемого на обмотки асинхронного электродвигателя, обеспечивается плавное регулирование скорости вращения его вала	o. Make

			110000	noicentic maon. 5.1
5.	Электрическая	Модернизация	Замена электро-	10 – 30 %
	энергия	электро-	двигателей, в том	
	oneprim	оборудования	числе на затворах	
		шлюзов	наполнения и опо-	
		шлюзов		
			рожнения шлюзов на	
			более современное	
			энергоэффективное,	
			обеспечивающее	
			при той же произ-	
			водительности	
			сокращение электро-	. 60
			потребления	(0)
6.	Электрическая	Реконструкция	*	10 – 30 %
0.	энергия	электрооборудо-		10 30 70
	энергия			
		вания паромных		' ().
		переправ		
	Повышен	ние надежности э.	лектроснабжения гидр	оузла
7.	Электрическая	Реконструкция	При модернизации	Сокращение
	энергия	трансфор-	КТП целесообразно	потерь при
	1	маторных	включать установку	возможном
		подстанций	устройств	простое шлюза
		гидроузла	компенсации	при аварийном
		тидроузла	pasitupuou voluuoctu	отключении ТП;
			реактивной мощности	,
			4	– сокращение
				затрат на электро-
			OXX	энергию при
			9	компенсации реак-
			Y .	тивной мощности
8.	Электрическая	Реконструкция	_	Сокращение потерь
	энергия	на шлюзах иита-		электроэнергии и
	•	ющих и распре-		повышение надеж-
		делительных		ности системы
	4	сетей		электроснабжения
9.	Электрическая	Реконструкция		Даст возможность
٦.	T /	1.5	_	7 1
	энергия	резервного		автономной работы
		электро-		шлюза (электри-
	(A)	снабжения		фицированной
		шлюза (электри-		понтонной
	3	фицированной		переправы, водо-
	1(),	понтонной		сброса-ГЭС) от
$\perp$		переправы,		энергосистемы в
K	Y	водосброса-		период несанкцио-
1	,	ГЭС) с		нированных
×		установкой		отключений
		дизельной		электроэнергии,
		электростанции		повысит надеж-
		электростанции		
				ность работы
1	1	1		вышеуказанных
				объектов, повысит
				объектов, повысит безопасность их работы

			1	
10.	Электрическая энергия	Повышение надежности электрических контактов. Диагностика состояния контактных соединений на основе применения термо-индикаторов. Диагностика состояния проблемных узлов оборудования с помощью термопоинтов и тепловизоров	Термоиндикаторы — сложные вещества, которые при достижении определенной температуры резко изменяют свой цвет за счет химического взаимодействия компонентов. Изготавливаются в виде наклеек разного (необходимого) размера с разным диапазоном температур (от 40 до 260 °C). Термоиндикаторы могут быть нереверсивные одноразовые или реверсивные многоразовые. Наряду с термоиндикаторыном композиции (термокраски), изменяющие окраску при достижении определенной температуры	Реализация данного мероприятия направлена не на экономию ТЭР, а на повышение надежности электрических контактов. Целесообразность применения термоиндикаторов обосновывается возможность предотвращения возникновения локальных и гнобальных и гнобальных и гнобальных и гнобальных предотвращения возникновения локальных превысить затраты на применение индикаторов. Применение индикаторов и тепловизоров удобно и сокращает время проведения диагностики оборудования, что позволяет проводить упреждающие мероприятия по редотвращению неисправностей
11.	Электрическая энерхия	Повышение надежности контактных соединений на основе применения электро- проводящей смазки ЭПС- 98 (на основе показаний термо- индикаторов)	Смазка ЭПС-98 предназначена для снижения и стабилизации электрического сопротивления разборных контактных соединений	– снижение переходного контактного сопротивления в 2 – 10 раз и стабилизацию его на низком уровне на весь срок службы контактов при температурах до 150 °C (кратковременно до 250 °C);

			110000	лжение таол. 5.4
				- защиту контактов при многократных и длительных токовых перегрузках и перегревах до 150 °C без заметного изменения исходных электрических показателей; — защиту электрических контактов от коррозии; — снижение потерь электроэнергии
	1	Обслужива	нощий флот	3
12.	Дизельное топливо	Использование природного газа как топлива для судов в комбинации с дизельным топливом	Использование нетрадиционных и альтернативных топлив (в том числе природного газа — компримированного КТО и сжиженного СТГ, синтетических спиртов, водорода и проч.). Применение энергетических установок, гибко перенастра	Сокращение выбросов парниковых газов; размер экономии требует индивидуальных расчетов
13.	Дизельное топливо	Реализация организа- ционно- технических мероприятий по оптимизации логистики перемещения судна	1. Полное использование транспортных характеристик судна — грузоподъемности, грузовместимости и т. д. 2. Выбор схем наиболее рационального перемещения грузов. 3. Выбор оптимальных скоростей движения судна.	2-6%

Окончание табл. 3.4

			OK	ончание таол. 3.4
			4. Обеспечение	
			надлежащего состоя-	
			ния корпуса судна и	
			его движителей	
			(в том числе — окрас-	
			ка корпуса судна	
			красками, снижаю-	
			щими сопротивление	
			движению)	
14.	Дизельное	Модернизация	Замена главных	2-6%
14.	топливо	оборудования	двигателей и иного	2-070
	топливо	главных и вспо-		
			оборудования на	1,0,
		могательных	более современное	A
		установок	энергоэффективное	, ,
		судна в целях		().
		улучшения		
		энерго-		
		экологических	A.	
		характеристик		, ,
15.	Дизельное	Использование	V.O.	3 – 5 %
	топливо	тепловых насо-		
		сов в качестве		
		замены вспомо-		
		гательных котлов	DX.	
16.	Дизельное	Оборудование	Когенерация и	до 10 %
	топливо	главных и вспо-	тригенерация	
		могательных (	мергии — схемы	
		двигателей	глубокой утилизации	
		системами ис-	вторичных	
		пользования	энергетических	
		вторичных	ресурсов для	
		энергоресурсов	получения	
	4	основанных на	механической	
		когенерации и	энергии, теплоты,	
		тригене-рации	«холода», пресной	
		энергии	воды и проч.	
	-()	<u> </u>	ие выбросов	
17.	Дизельное	_		Система
1/.	топливо	Установка на	Позволяет исполь-	
	TOTHINBO	обслуживающих	зовать тяжелые виды	обеспечивает
_		судах систем	топлива (дешевые,	снижение
$\wedge$	0	очистки	но с большим	содержания S
	<b>Y</b>	отработавших	содержание серы 2,2	до уровня 0,1 %,
7 >		газов (газовых	%) по сравнению	что соответствует
*		катализаторов)	с более дорогим	нормативам IMO
			малосернистым.	
			Контроль выбросов	
			вступает в силу	
			в зонах контроля	
			выбросов (ЕСА) в	
			2015 г., а в 2020 г. —	
			по всему миру	

# 3.5. Технический потенциал энергосбережения ряда мероприятий, применимых на объектах водного транспорта

3.5.1. Использование вторичных энергетических ресурсов

#### Располагаемые объемы вторичных энергоресурсов

Энергоресурс отработавших газов

Источниками теплоты вторичных энергоресурсов главных и вспомогательных двигателей являются отработанные газы с температурой С 290 – 380 °C у двухтактных и 350 – 450 °C у четырехтактных дизелей. охлаждающая пресная вода с температурой 50 – 80 °C, а при высокотемпературном охлаждении двигателей — с температурой до 130 С [48]. Энергоресурс отработанных газов составляет 28 – 45 % энергии сжигаемого в двигателе топлива, а охлаждающей воды 12 – 30 %. Эффективное использование теплоты ВЭР для обеспечения потребностей судна в тепловой. электрической и механической видах энергии, пресной воде, холоде для кондиционеров рефрижераторных установок охлаждения груза — одно из основных средств повышения экономичности СЭУ. Для решения задачи рационального использования теплоты ВЭР и обоснованного выбора энергетического оборудования для их утилизации необходимо знать располагаемые обремы этой теплоты на различных режимах работы дизелей и условиях жсплуатации судна. Энергоресурс отработанных газов дизеля (в кДжч) определяется как разность между их энтальпией и энтальпией ступающего в двигатель воздуха.

Наиболее крупным источником ВЭР на судах являются выпускные газы ДВС. За счет утилизации их теплоты можно существенно улучшить экономические показатели СЭУ. При оценке эксплуатационного расхода топлива с учетом утилизации теплоты выпускных газов ДВС также необходимо соблюдать условия сопоставимости. Они могут быть обеспечены возможно достижимым на базе выпускаемых промышленностью утилизационных котлов (УК) уровнем использования ВЭР (или оптимальном для всех вариантов СЭУ). Относительное количество теллоты выпускных газов, которое частично может быть использовано в

 $q_{r} = \frac{\left(\alpha_{\Sigma}\underline{L}_{0} + 1\right)\underline{c} \underbrace{t - \alpha_{\Sigma}\underline{L}_{0}\underline{c}_{\underline{p}}\underline{t}_{\underline{p}}}_{\underline{p}} + \underbrace{Q_{\underline{p}}^{\overline{H}}}_{\underline{p}}}, \qquad (3.1)$ 

где  $\alpha_{_{\Sigma}}$  — суммарный коэффициент избытка воздуха (табл. 3.5);  $L_{_0}$  — теоретическое количество воздуха, необходимого для полного сгорания 1 кг топлива, кг,

$$L_0 = 0.1149C_p + 0.3448H_p + 0.0431(S_p - O_p), (3.2)$$

где  $c^{\scriptscriptstyle \mathrm{B}}$ ,  $c^{\scriptscriptstyle \mathrm{\Gamma}}$  — средние удельные массовые теплоемкости воздуха и продуктов сгорания. кДж/кг⋅К:

Таблица 3.5

#### Обобщенные зависимости для определения суммарного коэффициента избытка воздуха и температуры выпускных газов (при работе дизеля по винтовой характеристике)

Дизель	Расчетная формула
Без наддува	$\frac{\alpha_{\Sigma}}{\alpha_{\Sigma}^{\text{HOM}}} = 5 \left( \frac{N_e}{N_e^{\text{HOM}}} \right)^{-0.18} - 4$
С наддувом	$\frac{\alpha_{\Sigma}}{\alpha_{\Sigma}^{\text{HOM}}} = 2.9 \left( \frac{N_e}{N_e^{\text{HOM}}} \right)^{-0.20} - 1.9$
Без наддува	$\frac{t_{\rm r}}{t_{\rm r}^{\rm HOM}} = 0.97 \left( \frac{N_e}{N_e} + 0.05 \right)^{0.63}$
С наддувом	$\frac{t_{\rm r}}{t_{\rm HOM}} = 0.895 \left( \frac{N_e}{N_e^{\rm HOM}} + 0.2 \right)^{0.6}$

$$c^{\text{B}} = 0.9852 + 0.0000934 t$$
, (3.3)

где  $t_{_{\rm B}}$  — температура воздуха на входе в цилиндр дизеля, °С. Принимается  $t_{_{\rm B}}=45-55$  °С (после охлючтеля наддувочного воздуха). Для «чистых» продуктов сгорания топлива среднего состава при

α = 1 теплоемкость с достаточной точностью может быть вычислена по формуле, кДж/кг\к

$$c^{\Gamma,q} = 1,03 + 0,000126 t$$
, (3.4)

 $c_p^{\rm r,q}=1{,}03+0{,}000126~t$  , (3.4) где  $t_p$  температура выпускных газов, °C, на номинальном режиме работы двигателя принимается  $t_{s} = 420 - 450$  °C.

Теплоемкость выпускных газов как смеси воздуха и «чистых» газов определяется из выражения, кДж/кг-К

$$c_{p}^{\Gamma} = \frac{c_{p}^{\Gamma, q} + (\alpha_{\Sigma} - 1) c_{p}^{B}}{\alpha_{\Sigma}}.$$
 (3.5)

Коэффициент избытка воздуха зависит, в первую очередь, от способа смесеобразования и принимается для номинального режима в пределах 1.8 - 2.1.

Расчет *q* проводится, если отсутствуют экспериментальные данные для конкретных типов дизелей. При этом используются обобщенные зависимости, полученные при обработке результатов испытаний четырехкратных среднеоборотных дизелей, судов речного флота. В табл. 3.5 приведены необходимые для расчета q обобщенные выражения для суммарного коэффициента избытка воздуха и температуры выпускных TAZOR

*Примечание*: приняты следующие обозначения  $\alpha^{\text{ном}}$ ,  $\alpha$  – ный коэффициент избытка воздуха на номинальном и долевом режимах;  $t_{_{_{\!\!c}}}^{^{_{\!\!HOM}}}$ ,  $t_{_{\!\!c}}^{^{_{\!\!HOM}}}$  температура выпускных газов на номинальном и долевом режимах,  ${}^{\circ}$ С;  $N_{a}^{\text{ном}}$ ,  $N_{a}$  — эффективная мощность дизеля на номинальном и долевом режимах, кВт.

Абсолютное количество теплоты, уносимой с выпускными газами на долевом режиме.

$$Q = q G Q^{\mathrm{H}}, \qquad (3.6)$$

где  $G_{_{\rm T}}$  — часовой расход топлива, кг/ч; При отсутствии паспортных характеристик для определения  $Q_{_{\rm T}}$  на долевых режимах рекомендуется использовать обобщенные выражения для часового и удельного расхода топлива, приведенные в табл. 3.6

Таблииа 3.6

#### Обобщенные зависимости для определения часового и удельного расхода топлива (при работе дизеля по винтовой характеристике)

	(F Part 1)		
	Дизель	Расчетная формула	
	Без наддува	$\frac{G_{\text{\tiny T}}}{G_{\text{\tiny T}}^{\text{\tiny HOM}}} = 0.787 \frac{N_e}{\left(\frac{N_e}{N_e^{\text{\tiny HOM}}}\right)^{-0.22}} e^{0.24 \left(\frac{N_e}{\text{\tiny HOM}}\right)}$	
	Снаддувом	$\frac{G_{\rm T}}{G_{\rm T}^{\rm HOM}} = 0.826 \left( \frac{N_{\rm   AV^{\rm max}}}{N_{e}^{\rm HOM}} \right)^{-0.22} e^{0.19 \left( \frac{-N_{e^{-}}}{c} \right)}$	
S	Без наддува	$\frac{g_e}{g_e^{\text{HOM}}} = 0.787 \frac{N_e}{N_e^{\text{HOM}}} = 0.24 \frac{N_e}{N_e^{\text{HOM}}}$	
	С наддувом	$\frac{g_e}{g_e^{\text{HOM}}} = 0.826 \left(\frac{N_e}{N_e^{\text{HOM}}}\right)^{-0.22} e^{0.19 \left(\frac{N_{V_e}}{N_{\text{HOM}}}\right)}$	

Приведенные математические зависимости позволяют судить о теоретическом энергоресурсе газов, который не может быть использован полностью в утилизационном устройстве.

Глубокое охлаждение газов:

- снижает температурный напор, что соответственно требует увеличения плошали поверхностей нагрева:
- тракта и приводит к снижению эффективного КПД двигателя;
- ——— сопротивление газовыпускного приводит к снижению эффективного КПД двигателя;

   вызывает необходимость увеличения размеров утилизационного ойства;

   кроме того, чтобы не допустить можения приводения примения привод устройства:
- стей нагрева утилизационных устройств, температура уходящих из них газов  $t_{yx}$  должна быть выше температуры точки росы (последняя висит от парциального давления водяного пара в отработавших газах и содержания серы в топливе).

При проектировании утилизационных систем необходимо учесть, что температура выпускных газов, проходящих через элементы СУТ, должна быть выше температуры точки росы, значение которой зависит от парциального давления водяных паров в выпускных газах и от содержания серы в топливе. Температура точки росы рассчитывается по эмпирической формуле

(3.7)

где  $t_{s}^{^{\Gamma}}$  — температура насышения водяного пара, соответствующая его парциальному давлению в выпускных газах, °С;  $S_{\rm p}$  — рабочая масса серы в топливе, %.

Парциальное давление водяного пара в выпускных газах зависит от давления выпускных газов и количества водяного пара в них. При атмосферном давлении продуктов сгорания среднего состава парциальное давление водяного пара p = 0.005 - 0.015 МПа. Этим давлениям соответствует температура насыщения  $t_{\rm e} = 33 - 56$  °C. Во избежание низкотемпературной сернистой коррозии металла утилизационного котла (УК) необходимо, чтобы температура выпускных газов за ним была выше температуры точки росы. Кроме того, необходимо создать достаточный для эффективности теплообмена температурный напор между выпускными газами и поверхностью теплообмена, тогда

$$t_{\rm r2}^{\rm min} = t_p + \Delta t_n, \tag{3.8}$$

где  $\Delta t_{\parallel}$  — разность между температурами стенки и выпускных газов, обеспечивающая достаточно эффективный теплообмен, принимается равной не менее 25 °C.

В практике проектирования паровых УК температуру выпускных газов  $t_{\rm r2}$  принимают примерно на 25 °C выше температуры насыщения вырабатываемого котлом пара, т. е.

$$t_{r2} \ge t_s + 25 \approx 175 \div 195 \,^{\circ}\text{C}$$
, (3.9)

где  $t_{\rm s}$  — температура насыщения водяного пара, равная  $152-170~{\rm ^{\circ}C}$  для давления пара  $0.5-0.8~{\rm M}\Pi{\rm a}$ .

Охлаждение выпускных газов в УК до указанных в выражении (3.8) температур может оказаться экономически нецелесообразным, так как например, количество теплоты, воспринимаемое УК, возрастает со стижением  $t_{r_2}$  линейно, а необходимая поверхность нагрева, а, следовательно, масса, габариты и стоимость котла — значительно быстрее.

Определив минимальную температуру выпускных газов за СУТ, можно найти максимальный коэффициент использования деплоты выпускных газов, который при допущении, что теплоемкость выпускных газов на входе и выходе СУТ одинакова, равен

$$\psi_{\beta}^{\text{max}} = \frac{t_{r}^{\text{HoM}} - t_{r}^{\text{min}}}{t_{r}^{\text{HoM}}}$$
(3.10)

Действительный коэффициент использования теплоты выпускных газов

$$t_{\rm g} = t_{\rm r_2},$$
 (3.11)

где  $t_{\rm r}$  и  $t_{\rm r2}$  — температуры, соответственно, выпускных газов на выходе из двигателя и за утилизационным котлом при работе двигателя на долевых нагрузках.

Таким образом, количество теплоты, которое может быть передано в СУТ, с учетом (2-6), определяется по формуле

$$Q_{yT}^{\Gamma} = \psi_{\Gamma} q_{\Gamma} G_{T} Q_{p}^{H}. \tag{3.12}$$

Энергоресурс охлаждающих жидкостей

Вода после охлаждения деталей двигателя, газотурбокомпрессора воздуха за компрессором имеет температуру 30 – 80 °C (при высокотемпературном охлаждении — до 130 °C) и уносит до 30 % теплоты сжигаемого в двигателе топлива.

Удельное количество теплоты  $q_{_{\rm oxn}}^{^{N_e}}$ , уносимой охлаждающей жидкостью, отнесенной к единице мощности, кДж/кВт·ч,

$$q^{N_e} = q \quad g \quad Q^{\scriptscriptstyle \mathrm{H}}, \tag{3.13}$$

где  $q_{_{\text{охл}}}$  — относительная потеря теплоты с охлаждающей водой.

Абсолютное количество теплоты, солержащейся в охлажлающей жидкости, рассчитывается по формуле, кДж/ч,

$$Q_{\text{over}} = G_{\text{over}} \cdot C_{\text{over}} \cdot t_{\text{over}}$$
 (3.14)

или определяется из выражения

$$\frac{q^{N_e}}{q^{N_e}} = \left(\frac{N}{N_e}\right)^{-0.266}, \tag{3.15}$$

где  $G_{\text{охл}},\ C_{\text{охл}},\ t_{\text{охл}}$  — соответственно массовый расход охлаждающей воды, ее теплоемкость и температура.

а, со топлосткость и температура. Абсолютная величина потерь теплоты с охлаждающей жидкостью на долевом режиме

$$Q_{\text{ox}_{\text{I}}} = q_{\text{ox}_{\text{I}}}^{N_e} N_e \tag{3.16}$$

или

$$Q_{\text{ox},\text{I}} = G_{\text{ox},\text{I}} c_{\text{ox},\text{I}} \left( t_{\text{ox},\text{I}} - t_{\text{ox},\text{I}}^{\text{yx}} \right)$$
(3.17)

 $Q_{
m oxn} = G_{
m oxn} c_{
m oxn} (t_{
m oxn} - t_{
m oxn}^{
m yx})$  хлаждающей волг где  $t_{\text{охл}}^{\text{ух}}$  — температура охлаждающей воды на выходе из утилизационного устройства, °C.

устройства, °С. Коэффициент утилизации теплоты охлаждающей жидкости 
$$\psi_{\text{max}} = t_{\text{охл}} - t_{\text{ух}}$$
 (3.18) 
$$t_{\text{охл}} - t_{0}$$
 Значения  $a_{\text{ох}} = u_{\text{ох}} a_{\text{ох}}^{N_{e}}$  находятся соответственно в пределах 0.19 —

3начения  $q_{\text{охл}}$  и  $q_{\text{охл}}^{N_c}$  находятся соответственно в пределах 0.19-0.25 и 1750-2300 для двухтактных дизелей; 0.16-0.30 и 1200-2900

для четырехтактных. Возможности использования значительного количества теплоты, содержащейся в охлаждающих жидкостях, затруднительны из-за низкого температурного потенциала. Более широкие возможности для утилизации этой теплоты представляются при высокотемпературном охлаждении (ВТО) двигателей. Количество теплоты, уносимой охлаждающей водой зависит от конструкции и режима работы дизеля, степени надлува, средней температуры охлаждающей воды и других факторов. При оценке возможностей утилизации теплоты, уносимой охлаждающей водой, необходимо учесть следующее:

- относительная величина  $q_{\text{ox}}$  с уменьшением мощности дизеля увеличивается;
- применение высокотемпературного охлаждения дизелей увеличивает температурный потенциал охлаждающей воды и повышает эффективность утилизации; с увеличением давления наддува происходит

уменьшение удельного количества теплоты, уносимой охлаждающей волой:

– при использовании теплоты, отводимой от воды внутреннего контура системы охлаждения, следует учитывать недопустимость понижения температуры воды на входе в двигатель ниже допускаемых значений, поскольку это может привести к нарушению температурного режима деталей цилиндропоршневой группы, увеличению скоростей изнашивания, сернистой коррозии и т. д.

процессе ее охлаждения после выхода из двигателя, как правило превышает  $\Delta t_{\rm oxn}=8-12$  К, т. е. минимальная температура охлаждающей воды за СУТ  $t_{\rm oxn}^{\rm yx}$  должна быть не ниже ( $t_{\rm oxn}-\Delta t_{\rm oxn}$ ). Здесь  $t_{\rm oxn}^{\rm yx}$  температура охлаждающей воды на выходе из двигателя.

Таким образом, количество теплоты, которое может быть передано в СУТ определяется по формуле

$$Q_{\text{YT}}^{\text{OXJ}} = \psi_{\text{OXJ}} q_{\text{OXJ}} T_{\text{T}} Q_{p}^{\text{H}}. \tag{3.19}$$

Использование теплоты  $Q_{_{\rm M}}$ , содержащейся в отводимом от трущихся поверхностей двигателя масле, трудно из-за ее низкого потенциала и малых коэффициентов теплоотдачи

# Основные потребители энергии на дизельных судах

Потребителем энергии на сухах является разнообразное энергетическое оборудование. Непосредственно теплота сжигаемого топлива используется в главных явигателях, вспомогательных и котельных установках.

Потребности судового теплообменного оборудования в теплоте обычно удовлетворяются посредством водяного пара или горячей воды, производимых судовыми котлами. Теплота расходуется на нужды главного энергетического оборудования (подогрев топлива, масла, воды и т. п.), общесудовые нужды (подогрев перевозимого груза, мойку танков, отопление, хозяйственно-бытовые потребности и т. п.). Использование теплоты воды, охлаждающей дизель, еще не нашло должного практического применения на судах. Электроэнергия расходуется потребителями, входящими состав главной энергетической установки, а также на общесудовые нужды.

Потребители, входящие в состав главной энергетической установки: насосы систем охлаждения главных и вспомогательных двигателей, масляные и топливные насосы, а также сепараторы, компрессоры пускового и управляющего воздуха, вентиляторы машинных отделений, системы автоматического регулирования и т. д.

К общесудовым потребителям электроэнергии относят: электродвигатели насосов и вентиляторов общесудовых систем, палубные механизмы, холодильную установку и установку кондиционирования воздуха, навигационное и осветительное оборудование, электрооборудование камбуза и т. д.

В настоящее время наблюдается значительный рост нагрузок судовых электростанций, вызванный увеличением затрат электроэнергии на вспомогательное оборудование, обслуживающее ЭУ, различные технологические системы (обеспечивающие сохранность грузов и безопае ность их перевозки), бытовые системы и др. На привод вспомогательного оборудования, обслуживающего ЭУ, расходуется 20 – 40 % максимальной мощности судовой электростанции. Основная часть мощности затрачивается на привод главных циркуляционных насосов: масляных, пресной и забортной воды.

Анализ данных по многим судам свидетельствует о том, что мощность главных насосов, установленных на судах, в 1,4—1,7 раза превышает требуемую для нормального функционирования осслуживаемых систем вследствие завышения значений подачи и напора насосов по сравнению с рекомендуемыми дизелестроительными предприятиями. Изыскание эффективных путей снижения нагрузок судовых электростанций является одной из актуальных задач, решение которой позволит значительно снизить выброс парниковых газов энергетический баланс судна и тепловой баланс главных двигателей (ПД) должны рассматриваться совместно, так как использование теплоты вторичных энергоресурсов двигателей посредством утилизационного оборудования позволит осуществить полное или частичное замещение вспомогательных котлов и дизель-генераторов (ДГ) в ходовом режиме судна, а также частичное замещение ГД, обеспечивая рост технико-экономических показателей судна.

При анализе энергетической эффективности судовых энергетических установок баланс судна и тепловой баланс главных двигателей необходимо рассматривать совместно. Использование потерь теплоты с выпускными газами и охлаждающей жидкостью в различных утилизационных устройствах, к которым относятся утилизационные котлы, подогреватели, турбогенераторы, работающие на паре утилизационного котла, вакуумные испарители, эжекторные и абсорбционные холодильные установки, позволит повысить процент полезной теплоты в балансе энергетической установки [25], [48] – [51].

Суммарный расход теплоты на собственные нужды для речных судов при температуре наружного воздуха -10 °C и температуре забортной воды 4 °C составляет для буксирных судов, кДж/ч [25]:

для сухогрузных судов:

$$Q = 42\ 000 + 215N \tag{3.20}$$

ипи

$$O = 110\ 000 + 63G,\tag{3.21}$$

Made all OBan где G — грузоподъемность судна, т;  $N_{_{a}}$  — суммарная номинальная мощность главных двигателей, кВт;

для пассажирских судов

$$Q = 1250(6.5n_{ex} + 5n_{ex}),$$

где  $n_{_{_{2K}}}$ и  $_{_{_{\mathrm{nacc}}}}$ — численность экипажа и пассажиров, чел.

Расход теплоты на санитарно-бытовые нужды

$$Q = (n_{_{\rm JK}} + n_{_{\rm IIACC}}) \cdot (q_{_{\rm B,M}} + q_{_{\rm B,II}}), \qquad (3.23)$$

где  $q_{_{\rm BM}}$  — удельный расход теплоты на приготовление горячей мытьевой воды, принимаемый равным для грузовых судов и буксиров-толкачей 1880 – 2720 кДж/чел·ч, для пассажирских судов 1250 – 1670 кДж/чел·ч;  $q_{_{\rm в, u}}$  — удельный расход тенлоты на приготовление кипяченой питьевой воды, принимаемый равным для грузовых судов и буксиров-толкачей 400 – 420 кДж чел ч, для пассажирских судов 380 - 395 кДж/чел·ч.

Дополнительные расходы теплоты на танкерах связаны с необходимостью подогрева перевозимого груза, рассчитываются из условий поддержания средней температуры груза 60 °C.

Приближенный расчет расхода дополнительной теплоты на подогрев тяжелых нефтепродуктов в холодное время навигации ведется по формуле

$$Q = 730G \tag{3.24}$$

$$Q = 2850 N_e. (3.25)$$

сход теплоты в системе подогрева вязких грузов приближенно ожет быть определен по формуле

$$Q_{\text{noq}} = Gc \frac{\Delta t}{\underline{\phantom{A}}}, \tag{3.26}$$

где  $\it G$  — масса груза, кг;  $\it c_{\rm rp}$  — теплоемкость груза, кДж/кг-К;  $\Delta t$  — среднесуточное снижение температуры груза при остывании без подогрева  $(\Delta t = 3 - 15 \, {}^{\circ}\text{C} \, \text{в сутки}).$ 

Суточный расход пара на мойку танков судов подсчитывается по приближенной формуле, т/сут.

$$D_{\text{cyr}} = 100 + 0,0065 \, N_{.} \tag{3.27}$$

Согласно действующим нормативным документам мощность судовой электростанции (СЭС) должна покрыть максимальную ожидаемую электрическую нагрузку на судне с запасом, определяемым коэффициентом К = 1,2, а число основных агрегатов должно быть таким, чтобы при выходе из строя одного из них оставшиеся в работе мог ли бы обеспечить питание важнейших потребителей электроэнергии на судне.

В классических СЭУ электростанции комплектуются агрегатами одного и того же типа и одинаковой мощности. Это означает что число агрегатов  $C \ni C(Z)$  не может быть менее двух, причем с увеличением числа агрегатов общая мощность СЭС уменьшается

Еспи

$$N = KP \tag{3.28}$$

И

$$N = Z_{N}$$

$$N_{\text{arp}}$$

$$N_{\text{arp}}$$
(3.29)

то мощность СЭС составляеть случаях:

- двухагрегатного состава N=1,2P  $\cdot 2=2,4P$ ; трехагрегатного состава  $N=1,2\cdot 0,5\cdot P$   $\cdot 3=1,8P$ ; четырехагрегатного состава  $N=1,2\cdot 1/3\cdot P$   $\cdot 4=1,6P$  пятиагрегатного состава  $N=1,2\cdot 1/3\cdot P$   $\cdot 5=1,5P$ ; шестиагрегатного состава  $N=1,2\cdot 1/5\cdot P$   $\cdot 6=1,24P$ .

Число агрегатов СЭС во многом определяет величины среднеагрегатных наработок и нагрузки, эксплуатационный расход топлива. Это связано с тем, что при изменении количества агрегатов изменяются и рабочие диапазоны нагрузок каждого из агрегатов и вероятности включения на параллельную работу разного числа агрегатов.

Расход электрической энергии на различных судах приближенно может быть определен с помощью графиков, представленных на рис. 3.2, 3.3.

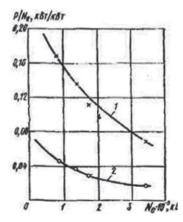
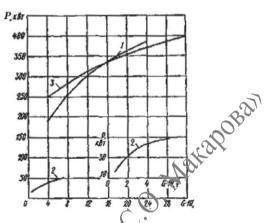


Рис. 3.2. Удельная мощность генераторов (1) и расход электроэнергии (2) на сухогрузных и наливных речных судах в зависимости от мощности главных двигателей



 $Puc.\ 3.3.$  Нагрузка P на судовые генераторы в ходовом режиме для судов различных тупов в зависимости

от их грузоподъемности G;

морские сухогрузные;

2 речные сухогрузные;

3 - морские нефтеналивные

Расход электрической энергии на буксирных морских и речных судах, приблизительно одинаков правен расходу на сухогрузных речных судах [48].

#### Способы утилизации ВЭР судовых ДВС

Эффективность использования ВЭР на судах во многом определяется схемой утилизации теплоты. Теплота отработанных газов двигателей дизельных судов может использоваться в системах малой (обычной) утилизации теплоты (СМУТ) и системах глубокой утилизации теплоты [25], [48].

Системы малой утилизации теплоты обеспечивают удовлетворенистотребности главной энергетической установки в теплоте; подогрев перевозимого груза; удовлетворение технологических потребностей в паре; отопление судовых помещений; удовлетворение хозяйственно-бытовых нужд в теплоте; опреснение воды в испарителях; получение холода для кондиционеров и для удовлетворения судовых нужд.

Системы глубокой утилизации теплоты, кроме удовлетворения перечисленных выше потребностей, обеспечивают удовлетворение потребности судна в электрической и механической видах энергии.

Они позволяют в ходовом режиме полностью или частично замещать ВК утилизационным, дизель-генератор — утилизационным турбогенератором (УТГ), а также частично главный двигатель — утилизационной ходовой турбиной (УХТ), обеспечивать работу вспомогательных механизмов с паровым приводом.

Использование теплоты охлаждающей воды главных и вспомогательных двигателей возможно в вакуумных испарителях тепловых насосах [51], подогревателях бытовой воды, хладоновых турбокомпрессорных установках и хладоновых турбогенераторах. Теплота воды систем высокотемпературного охлаждении (ВТО) с температурой до 130 °С может также использоваться в утилизационных холодипыных установках, подогревателях питательной воды, гидропаровых турбинных установках. Однако возможности утилизации теплоты охлаждающей воды ограничены из-за низкого температурного потенциала. Теплота охлаждающей воды в основном используете в вакуумных испарителях и в подогревателях.

Требования по снижению выбросов парниковых газов обусловливают требование максимального использования ВЭР, а, следовательно, применение конструктивно сложных и дорогостоящих систем глубокой утилизации теплоты (СГУТ). В то же время переход к безвахтенному обслуживанию судовой энергетической установки требует применения относительно простых и надежных систем утилизации, легко управляемых и отслеживаемых. На современных судах используются системы утилизации ВЭР, имеющие различные конструктивные решения, теплотехнические характеристики, уровни надежности, методы управления и средства автоматизации.

Данные о тепловом и эксергетическом балансах судовых дизельных установок показывают, что значительная доля теплоты, подведенной при сгорации топлива, расходуется на потери с отработавшими газами, потери с охлаждающей жидкостью, и потери, связанные с отводом теплоты при охлаждении надувочного воздуха. Одна из причин низкого КПД поршневых ДВС — значительные потери с уходящими газами теплоты, образовавшейся в цилиндрах двигателей в результате термохимических реакций окисления топлива. Доля потерь с отработавшими газами на некоторых двигателях достигает 55 % от всей полученной теплоты. Доли потери с охлаждением зарубашечного пространства дизеля и охлаждением надувочного воздуха также достаточно велики и могут в совокупности достигать 20 %, а в ряде случаев 30 % и более.

Рациональное использование теряемой теплоты на определённые судовые нужды может снизить расход топлива на данные нуж-

лы, тем самым повысив экономичность СЭУ в целом. Выбор способа и схемы утилизации имеющихся ВЭР судовых дизелей производится на основании данных, полученных в результате составления теплового и эксергетического балансов, а также в зависимости от типа дизельного двигателя, его характеристик, типа и назначения самого судна и его СЭУ, режимов эксплуатации судна и ряда других параметров.

ния ВЭР в СЭV

утилизация теплоты отработавших газов (ОГ)
Утилизация теплоты ОГ является первоочередной задачей, такжак ри с ОГ являются наибольшими по сравнению с остальный ную работу и значите. потери с ОГ являются наибольшими по сравнению с остальными составляющими, и их использование может позволить получить максимальную работу и значительно повысить эффективность СЭУ в целом. Согласно эксплуатационным данным температура газов в выпускном коллекторе у двухтактного малооборотного дизеля 350 – 450 °C, у четырехтактного среднеоборотного 400 – 500 °C. Часть теплоты, которой располагают выпускные газы, используется в газовых турбинах турбокомпрессоров системы наддува. При расширении в турбине температура газов понижается на 70 – 120 °C. Кроме того, необходимо учитывать наличие на судне систем нейтрализации отработавших газов, в частности, нейтрализаторов, способных повысить температуру ОГ, увеличив соответственно величину соответствующих ВЭР.

Наиболее простым и распространённым способом полезного использования теплоты ОГ является применение схем с утилизационными паровыми либо водогрейными котлами. В ряде случаев, утилизационные котлы способны полностью замещать вспомогательные автономные котлы на ходовом режиме судна. Получаемый пар/горячая вода могут быть использованы для бытовых и технологических целей, подогрева топлива, масла и т. д. [48].

По конструкции котлы-утилизаторы разделяют на водотрубные (вода находится внутри труб, а газы омывают их снаружи) и газотрубные газы проходят внутри труб). Преимуществом первых является меньшая их поверхность нагрева по сравнению с газотрубными той же производительности, преимуществом вторых — большая легкость очистки трубок от сажи. Компактность ряда конструкций котлов-утилизаторов позволяет размещать их в машинном отделении в непосредственной близости от двигателей.

По условиям безопасности котлы-утилизаторы резко отличаются от котлов с огневыми топками. Различие заключается в отсутствии огневых поверхностей у котлов-утилизаторов, а также в сравнительно низкой предельной температуре газов, не превышающей 550 °C. Благодаря этому обстоятельству прекращение питания котла и оголение поверхностей нагрева не только не вызывает аварий (взрыва), но при надлежащей конструкции не отражается на механической прочности котла. Некоторые конструкции котлов-утилизаторов допускают чистку поверхностей нагрева пропуском выхлопных газов через котел, опорожненный от воды. Вместе с тем, котлы-утилизаторы должны удовлетворять следующим требованиям: они должны иметь минимальное газовое сопротивление, допускать легкую очистку поверхностей нагрева с газовой и водяной сторон, обеспечивать компактность всей установки и удобство ее расположения в машинном отделении судна.

Добавочное сопротивление ОГ, создаваемое котлом-утилизатором, может вызвать уменьшение мощности двигателя и увеличение расхода топлива. Однако при газовом сопротивлении котлов утилизаторов, не превышающем 400 мм вод. ст. для четырехтактных двигателей, 250 мм вод. ст. для двухтактных двигателей с продувочным насосом и 100 мм вод. ст. для двухтактных двигателей с кривомилно-камерной продувкой, сопротивление котлов-утилизаторов оказывает малое влияние на повышение расхода топлива двигателями.

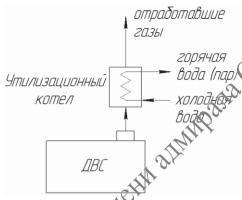
Накипь, образующаяся на повержностях нагрева с водяной стороны, сажа и нагар с газовой стороны скльно снижают производительность котла, поэтому возможность легкой очистки котла является одним из основных показателей совершенства его конструкции. Особое внимание должно быть обращено на очистку поверхности нагрева с газовой стороны. Как показал опыт, при слое сажи и нагара на поверхности нагрева толщиной в 1,5 – 2 мм коэффициент теплопередачи уменьшается на 20 – 30 %. Для уменьшения загрязнения поверхностей нагрева пуск и остановку двигателей производят при выключенном котле-утилизаторе. Для этой цели котлы-утилизаторы должны быть снабжены обводными каналами для отвода газов непосредственно в глушитель, минуя котеп-утилизатор.

Помимо прочего, к утилизационным котлам выдвигаются следующие основные требования: высокая эффективность, технологичность конструкции компактность и малый вес. Для дальнейшего развития утилизаторов определились два основных направления:

– совершенствование конструкций газожидкостных утилизационных котлов, направленное на увеличение степени турбулизации газового потока, подбору оптимальных проходных сечений и рациональной компоновке элементов ТА;

развитие теплопередающих поверхностей за счет оребрения труб [53].

Возможности первого направления не столь велики, так как интенсификация теплоотдачи за счет турбулизации потока газа сопряжена с ростом потерь напора и росту сопротивления на выпуске. Другое направление заключается в создании развитых поверхностей теплообмена у ТА, отличающихся различными геометрическими и рабочими характеристиками, материалами, технологией изготовления. Принципиальная схема описываемой системы показана на рис. 3.4 [25].



Puc. 3.4. Принципиальная ехема утилизации теплоты с утилизационным котлом

Мощность, необходимая для перемещения каждого теплоносителя в утилизационном котле, определяется по формуле

$$N = \frac{\Delta pG}{1000\rho\eta},\tag{3.30}$$

где G и р соответственно, массовый расход и плотность теплоносителя; п — КПД устройства для перемещения теплоносителя (насоса, вентилятора и т. п.);  $\Delta p$  — потери давления в котле.

Тепловой расчет проводится для определения поверхности теплообмена, либо для определения конечных температур рабочих жидкостей. Основными расчетными уравнениями теплообмена при стационарном режиме являются уравнение теплопередачи и уравнение теплового баланса.

Уравнение теплопередачи

$$Q = kF(t_1 - t_2), (3.31)$$

где Q — тепловой поток, k — средний коэффициент теплопередачи; F — площадь поверхности теплообмена в аппарате;  $t_1$  и  $t_2$  — соответственно, температуры горячего и холодного теплоносителей.

Уравнение теплового баланса при условии отсутствия тепловых потерь и фазовых переходов

$$Q = V_{1} \rho_{1} C_{p_{1}}(t'-t'') = V_{p_{2}} \rho_{2} C_{p_{2}}(t''-t'), \tag{3.32}$$

где  $V_1 \cdot \rho_1$  и  $V_2 \cdot \rho_2$  — массовые расходы теплоносителей,  $C_{p1}$  и  $C_{p2}$  — средние теплоемкости жидкостей в интервале температур от t' до t'' — t' — температуры теплоносителей на входе в аппарат; t'' и t'' — температуры теплоносителей на входе из аппарата.

Предлагаемая схема обладает рядом преимуществ, таких как достаточная простота, относительно высокая эффективность и надёжность, компактность. Среди недостатков можно выделить то, что в ряде случаев, особенно в СЭУ с мощными главными двигателями (5 – 8 МВт и более), потребности судна в паре и горячей воде ниже, чем то количество пара (горячей воды), которое может быть получено в утилизационных котлах. Таким образом, имеющиеся на судне ВЭР могут быть использованы не в полном объёме. На судах с главными двигателями относительно небольшой мощности может сложиться обратная ситуация: производительности утилизационных котлов может не хватать для перекрытия всех потребностей судна в паре, либо горячей воде. Кроме того, имеет место такой недостаток предлагаемой схемы как падение производительности утилизационных котлов на долевых режимах работы главных двигателей судна.

Также необходимо учитывать следующее ограничение: температуру уходящих ОГ за котлом-утилизатором принимают не ниже 120 – 130 °С — не ниже земпературы точки росы. Делается это по двум причинам: для исключения конденсации водяных паров на газоходах и в дымовых трубах, вызывающей сернистую коррозию, и для увеличения естественной тяги, снижающей противодавление на выхлопе.

На рис. 3.5 приведены принципиальные структурно-функциональные схемы систем утилизации теплоты отработанных газов дизелей спринудительной (а) и естественной (б) циркуляцией, широко применяемые на судах для выработки насыщенного пара давлением 0,5 — 0,8 МПа.

Структурно-функциональная схема утилизации теплоты (СУТ) включает основные части системы (элементы или группы элементов) и отображает основные взаимосвязи между ними, устанавливает общую последовательность взаимодействия основных частей системы. Вода

из теплого ящика I (рис. 3.5, a) питательным насосом 2 подается в паровой сепаратор 3, откуда циркуляционным насосом 6 в утилизационный котел 5, поверхности нагрева которого омываются отработанными газами. Пароводяная смесь из УК направляется в сепаратор, откуда пар по трубопроводу 4 подается к потребителям. Наиболее проста схема, данная на рис. 3.5, 6. Обычно применяемая в ДЭУ средней мощности, в которой вода из теплого ящика I насосом 7 подается в газотрубный УК 8, откуда пар направляется по трубопроводу 9 к потребителям.

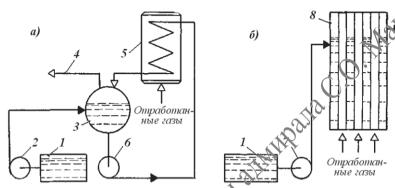


Рис 3.5. Принципиальные схемьку плизационных установок с принудительной (а) и естественной (б) циркуляцией

В качестве варианта представленной схемы может быть предложено использование котлов двумя ступенями — пара низкого давления 300 - 3500 кПа и высокого давления 800 - 1200 кПа. Такая схема относится уже к системам глубокой утилизации теплоты и может использоваться для судов с двигателями большой мощности. Пар низкого давления используют для подогрева воды, топлива, масла и для бытовых нужд, пар высокого давления — в утилизационных паровых турбинах/ турбогенераторах для выработки дополнительной механической либо электрической энергии. Так, например, использование турбогенераторов позволяет уменьшить расход топлива на дизель-генераторы. На судах зарубежной постройки применяют сложные двухконтурные СГУТ, в которых вырабатываемый УК пар повышенного давления расходуется в УТГ и эжекторе, а пар из котла низкого давления, греющей средой которого является прокачиваемая через него вода из парового сепаратора, направляется к остальным потребителям. Вместе с тем, в схемах утилизации теплоты рекомендуется применять установки, производящие пар одного давления, включая утилизационный котел с многократной

принудительной циркуляцией, снабженный пароперегревателем и экономайзером и открытой системой питания с теплым ящиком.

Отбор пара на общесудовые нужды осуществляется из сепаратора пара УК; в случае необходимости пар дросселируется. Паропроизводительность утилизационной котельной установки (УКУ) регулируется путем сброса излишков пара на конденсатор турбогенератора или вспомогательный конденсатор. В УКУ на речных судах применяется регулирование производительности УК по газовой стороне.

Использование подобных схем позволяет эксплуатировать утилизационные котлы с полной нагрузкой независимо от времени года и района плавания. Принципиальная схема данной системы показана на рис. 3.6.

Предлагаемые СГУТ, как правило, включают в себя утилизационные котлы с более развитой поверхностью нагрева, обычно имеющие экономайзеры и пароперегреватели, а также подогреватели питательной воды, обеспечивающие более высокие паропроизводительность и параметры вырабатываемого пара.

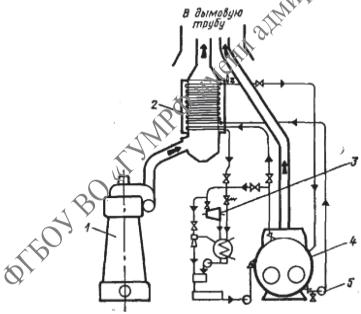
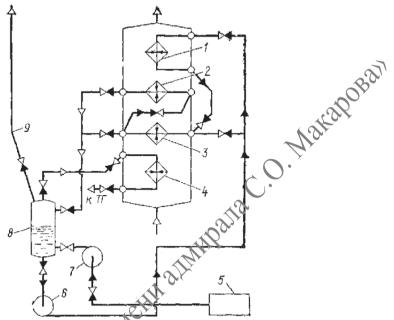


Рис. 3.6. Принципиальная схема утилизации теплоты с утилизационным котлом и утилизационным турбогенератором (УТГ): I — дизель; 2 — утилькотел; 3 — УТГ; 4 — вспомогательный котел; 5 — циркуляционный насос

Структурно-функциональная схема предлагаемой СГУТ приведена на рис. 3.7.



Puc. 3.7. Система глубокой утилизации теплоты с утилизационными котлами

Циркуляционный насос 6 подает воду из вертикального парового сепаратора 8 в водяной экономайзер 1, где она подогревается до температуры, близкой к температуре насыщения. Подогретая вода по перепускным трубам направляется в первую испарительную секцию 2, откуда пароводяная смесь направляется в сепаратор. Насыщенный пар из сепаратора направляется через паропровод 9 в систему теплоснабжения, а через пароперегреватель 4 — к турбогенератору. Питательная вода подается в сепаратор 8 насосом 7 из теплого ящика 5.

В плане развития данного направления, особое внимание следует уделить системам утилизации паросиловых установок, реализующих цикл Ренкина. Обусловлено это тем, что в мировом и отечественном моторостроении системы, совмещающие циклы поршневого ДВС и паросиловой установки, уже давно нашли широкое применение в судовых энергетических установках, стационарных и тепловозных. Для судовой энергетической установки средней мощности (8 – 12 тыс. кВт) может

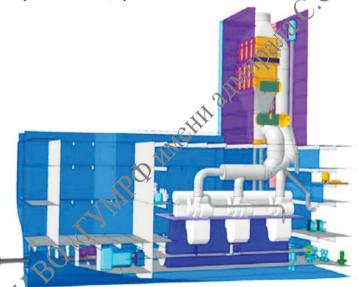
быть создано равновесие между потребностями судна в паре и электроэнергии и располагаемой энергией, обеспечиваемой системой утилизации теплоты в конкретной судовой дизельной установке. При больших мошностях главного двигателя в системе утилизации может быть получен избыток энергии по сравнению с потребностями судна в паре. горячей воде, электроэнергии, что позволяет решать вопрос о передаче ее на гребной винт с помощью утилизационной ходовой турбины (УХТ). Снижение удельного расхода топлива на установку по сравнению с судовой энергетической установкой, в которой утилизация тепла отсутствует, достигает 4,1 – 10,8 %. Общая экономия топлива при полной утилизации тепла отработавших газов, а также охлаждающей воды может составлять до 15 – 18 %. Недостатком предлагаемой схемы является её сложность, необходимость установки дополнительного оборудования (утилизационный котёл, утилизационная паровая турбина, конденсатор, насос и т. д.), громоздкость и высокая стоимость. Наличие большого количества компонентов системы негативно сказывается её на надёжности и эксплуатационных показателях а также существенно снижает её эффективность в целом.

Выбор СГУТ для судов морского и речного флота несколько различается. Это вызвано разными мощностями и типами двигателей, а также различными режимами их работы. Следует иметь в виду, что на речных судах мощностью до 1470 кВт широко используются валогенераторы. Кроме того, на этих судах механизмы, обслуживающие главные двигатели, имеют непосредственный привод от коленчатого вала. Для этой группы судов использование турбогенераторов в составе электростанций является нецелесообразным.

На сухогрузных и нефтеналивных судах внутреннего плавания большой мощности, как правило, устанавливают среднеоборотные двигатели без валогенератора. При оборудовании этих судов автономными масляными и топливными насосами, насосами пресной и забортной воды нагрузка на судовую электростанцию в зависимости от грузоподъемности судна и времени суток в ходовом режиме будет составлять 80 – 120 кВт. В этих условиях применение турбогенератора может оказаться окравданным.

Целесообразность применения утилизационного турбогенератора на речных и морских судах в конечном итоге определяется рентабельностью установки, которая, в свою очередь, зависит от принятой тепловой схемы, параметров пара, характеристик основного оборудования и условий эксплуатации судна и установки. Нормативными документами для морских судов рекомендуются следующие области применения

СГУТ теплоты отработанных газов малооборотных дизелей: для дизелей с прямоточной продувкой при  $N_{\circ}>5500$  кВт (сухогрузные суда) и  $N_{\circ}>6600$  кВт (наливные); для дизелей с контурной продувкой при  $N_{\circ}>6600$  кВт (сухогрузные суда) и  $N_{\circ}>4000$  кВт (наливные). Наиболее рациональным считается применение подобных схем на крупных морских судах с главными двигателями большой мощности, с машинными отделениями позволяющими разместить в них всё необходимое оборудование. Именно поэтому подобные установки в основном предлагают такие фирмы-производители судовых малооборотных двигателей как MANB&W и Wartsila, объем продукции которых по мощности составляет свыше 93 % мирового выпуска всех малооборотных дизелей. Так на рис. 3.8 показано компоновка утилизационного комплекса на основе малооборотного дизеля, предлагаемого компанией Wartsila.



*Puc. 3.8.* Компоновка утилизационного комплекса, предлагаемого компанией *Wartsila* 

В качестве одного из вариантов организации утилизации ОГ можно предложить использование утилизационных термоэлектрических генераторов (УТЭГ) [52]. За последние 20 лет коэффициент полезного действия преобразования современных термоэлектрических полупроводниковых материалов увеличился более чем в три раза. Параллельно разрабатываются наноматериалы, обладающие высокими характери-

стиками. На предлагаемую схему имеется патент на полезную модель «Установка для утилизации теплоты отработавших газов в судовых энергетических установках» № 108214 от 01.04.2011 г. Как утверждают его авторы, данная установка позволит судоходным компаниям экономить 1-2 млн руб. в год на топливо, а окупаемость установки составит около двух лет. На рис. 3.9 показана соответствующая принципиальная схема силовой установки.



*Рис. 3.9.* Принципиальная схема утилизации теплоты отработавших газов с помощью термоэлектрического преобразователя:

I — поршневой ДВС; 2 — термоэлектрический преобразователь

Проведенные испытания термоэлектрического генератора показали [52], что при разности температур «горячих» и «холодных» спаев термоэлементов, превышающей 225 К, коэффициент полезного действия УТЭГ остается практически неизменным и составляет 6 % (рис. 3.10). Это обстоятельство позволяет оставлять «холодные» спаи термоэлементов без специального охлаждения.

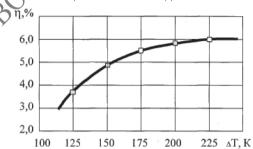


Рис. 3.10. Зависимость КПД УТЭГ от разности температур на «горячих» и «холодных» спаях термоэлементов

Основным достоинством предложенной схемы является её простота. компактность, возможность одновременной утилизации различных ВЭР, относительно низкая себестоимость, возможность установки на дизельные двигатели любой мошности и типа. Основной недостаток низкий КПЛ в пределах 2 – 6 %.

В последнее время в качестве средства утилизации теплоты ОГ судовых дизелей всё чаще рассматривают двигатели с внешним подводом теплоты, работающие по циклу Стирлинга (двигатели Стирлинга -ДС) [54], [55]. Характерной особенностью ДС является то, что в них имеет место длительное воздействие высокой температуры на некото рые детали и узлы данного двигателя. Это приводит к необходимости ограничивать верхний предел рабочей температуры 600 – 650 °C несмотря на применение жаростойких сталей и высоколегированных сплавов на основе кобальта и никеля. Данный температурный уровень достаточно точно соответствует температуре ОГ поршневых ДВС, т. е. ДС может эффективно работать на их теплоте. На рис. 3.11 показана энергетическая установка, составленная из поршневого ДВС и ДС. Мощность, вырабатываемая ДС, может непосредственно суммироваться с мощностью ДВС посредством её передачи на коленчатый вал ДВС с помощью муфты, либо использоваться для привода генератора, либо какого-либо другого оборудования.

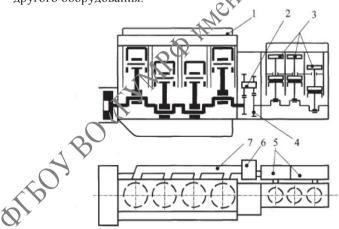


Рис. 3.11. Комбинированная установка поршневого двигателя и двигателя Стирлинга:

1 — дизель; 2 — гидромуфта редуктора; 3 — двигатель Стирлинга; 4 — шестеренчатый редуктор; 5 — подогреватель рабочего тела Стирлинга; 6 — термореактор (дожигатель отработавших газов); 7 — выпускной коллектор дизеля

Предлагаемое направление является одним из наиболее перспективных в развитии систем утилизации ВЭР на судах, особенно в связи с растущим интересом к двигателям с внешним подводом теплоты. Основным преимуществом данной схемы является минимальное количество переходов одного типа энергии в другой, в отличие, например, от схемы с УТГ.

Теплота ОГ при помощи ДС непосредственно преобразуется в механическую работу, при этом не требуется наличие утилизационного котла-парообразователя, паровой турбины, конденсатора, насосов и прочего оборудования, усложняющего систему и снижающего надёжность и эффективность системы. КПД подобной установки также намного выше КПД УТЭГ.

Утилизировать энергию отработавших газов также возможно посредством систем, использующих кинетическую их энергию. К таким системам относят системы турбокомпаунда и системы с утилизационными газотурбогенераторами. В данных системах отработавшие газы после выхода из газотурбонагнетателя направляются в дополнительную турбину(ы), которая может в свою очередь передавать дополнительный крутящий момент на коленчатый вал двигателя (система турбокомпаунда), либо использоваться для привода генератора (система с утилизационным газотурбогенератором. Кроме гого, существуют комбинированные системы, объединяющие в себе принципы обеих систем, а также принципы других методов утилизации ВЭР (рис. 3.12 – 3.16).

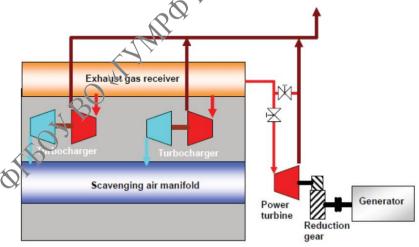
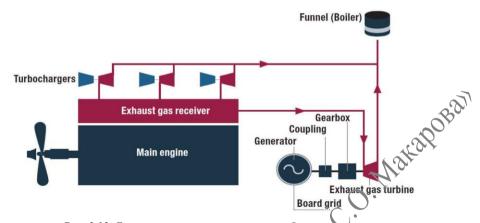
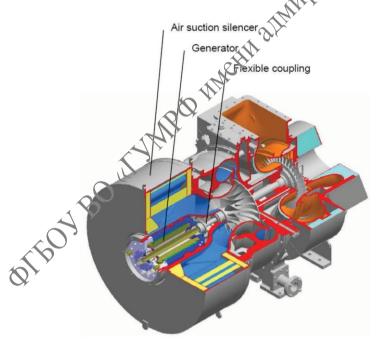


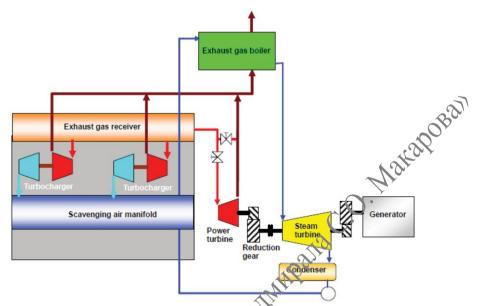
Рис. 3.12. Система утилизации энергии отработавших газов с использованием утилизационного газотурбонагетателя



*Puc. 3.13.* Система утилизации энергии отработавших газов с использованием утилизационного газотурбона стателя и утилизационного котла, предлагаемая фирмой *Mitsubjyti Heavy Industries, Ltd* 



*Puc. 3.14.* Турбокомпрессор агрегата наддува с встроенным электрогенератором фирмы *Mitsubishi Heavy Industries, Ltd* 



Puc. 3.15. Система утилизации энергии отработавших газов с использованием утилизационного тротурбонагнетателя фирмы Mitsubishi Heavy Industries, Ltd с паровой турбиной



Рис. 3.16. Дизель фирмы Scania с турбокомпаудной системой

После турбины в каждой системе происходит снижение температуры отработавших газов примерно на 100 °C.

Основная трудность реализации предлагаемых систем заключается в том, что утилизационная турбина имеет крайне высокие обороты (около 50000 об/мин), поэтому для обеспечения возможности её использования в качестве привода генератора либо для передачи дополнительной мощности на коленчатый вал дизеля необходимо устанавливать редукторы с большими передаточными числами. Ещё одной проблемой является обеспечение постоянной частоты вращения на выходе турбины и недопущение резких ей перепадов вследствие изменения режима работы двигателя. Поэтому в подобных установках требуется применение гидравлических муфт, компенсирующих изменение оборотов турбины. Всё это усложняет конструкцию системы, что приводит к возникновению проблем с её эксплуатацией и обслуживанием, а также приводит к увеличению её стоимости.

#### Оценка возможностей использования ВЭР на судах

Практически все современные дизельные суда оборудованы системами утилизации теплоты, обеспечивающими экономию топлива до 7 – 8 % в основном за счет использования СГУТ отработанных газов. Однако уровень утилизации теплоты отработанных газов в эксплуатируемых дизельных энергетических установках (ДЭУ) значительно ниже технически достижимого это объясняется для энергетических установок с главными двигателями (ГД) мощностью до 6000 – 8000 кВт ограниченной потребностью судового теплообменного оборудования в теплоте при одновременной недостаточности располагаемого избытка тепловой энергии, которая может быть выработана в системе утилизации для обеспечения УТГ нагрузки судовой электростанции. При мощностях ГД 9000 – 11000 кВт возможно обеспечение судового теплообменного оборудования и потребителей электроэнергии располагаемой энергией, вырабатываемой СГУТ. При использовании ГД большей мощности посредством вырабатываемой системой утилизации тепловой нергии может быть удовлетворена потребность судна не только в тепловой и электрической видах энергии, но и, частично, в механической энергии (вырабатываемой УХТ и передаваемой через редуктор на гребной винт).

В настоящее время использованию СГУТ препятствует ряд факторов, вызванных:

– ростом энерговооруженности судов, опережающим возможности СГУТ при применении простых и надежных схем утилизации;

- эксплуатацией главных двигателей нагрузками ниже номинальной, что уменьшает мощность УТГ на 25 30 %;
- нежелательностью усложнения систем утилизации с точки зрения осуществления комплексной автоматизации применением более экономичных двигателей, у которых потери теплоты с отработанными газами снижаются, а с охлаждением наддувочного воздуха возрастают.

На судах внутреннего плавания в основном применяются СМУТ, в первую очередь по причине малых потребностей в утилизируемой энергии — большинство систем утилизации теплоты на сухогрузных судах внутреннего (и смешанного) плавания являются избыточными.

Температура отработанных газов в судовой газотурбинной установке зависит от ее типа и схемы, степени повышения давления, начальной температуры цикла, КПД газовой турбины и компрессора, потерь энергии. Относительное количество теплоты, содержащейся в отработанных газах мощных ГТУ современных быстроходных судов, значительно выше, чем в отработанных газах дизелей, и возможности ее использования шире. Теплота отработанных газов газотурбинного двигателя может быть использована для подогрева воздуха перед камерой сгорания (регенерации), для охлаждения воздуха перед компрессором для выработки пара в УК с последующим использованием его энергии для получения дополнительной мощности в утилизационной ходовой турбине, утилизационном турбого раторе газотурбинном двигателе, а также в системах теплоснабжения. Подача пара в проточную часть газовой турбины увеличивает ее мощность. Исследования показывают, что подача 1 % пара повышает мощность ГТУ на 5 – 7 %. В общем случае количество подаваемого пара ограничено и определяется характеристикой и состоянием ГТУ, а также температурой внешней среды.

Газотурбинные установки, в которых пар УК используется для получения дополнительной мощности в утилизационной ходовой турбине и утилизационном турбогенераторе (газопаротурбинные установки), могут иметь различные компоновочные схемы для одно- и двухвинтовых судов. Они могут быть с одним или несколькими ГТД, паровыми турбинами и утилизационным котлами.

Тазопаровая турбинная установка обладает высокой экономичнотью, относительной простотой газового и парового циклов, возможностью автономной работы ГТД и УХТ и полной автоматизации их действия. Газопаровые турбинные установки создаются на основе освоенных типов судового энергетического оборудования. Далее приведен удельный расход топлива,  $g_e$ , в г/кВт·ч в ГПТУ при различной начальной температуре газа, °C:

t	$g_{ m e}$
750 - 800	251 - 258
850 - 880	231 - 238
950	207

Значение КПД ГПТУ в значительной степени определяется температурой газа перед ГТД. При увеличении температуры газа на  $100\,^{\circ}$ С мощность установки повышается на  $8-10\,^{\circ}$ . При температуре газа  $850\,^{\circ}$ С КПД установки может составить  $34-35\,^{\circ}$  и на  $8-10\,^{\circ}$  превысить КПД ГТУ простого цикла с умеренной степенью регенерации. Кроме того, влияние изменения КПД газовой турбины на КПД ГТУ значительно меньше, чем на КПД ГТУ простого цикла с регенерацией теплоты. При уменьшении степени повышения давления и увеличении температуры газа перед ГТД доля мощности паровой части ГПТУ возрастает и при оптимальной степени повышения давления может составить  $30\,^{\circ}$ . При достижении начальной температуры газа перед ГТД примерно  $1200\,^{\circ}$ С КПД ГПТУ может составить  $40-43\,^{\circ}$ .

Представляется весьма перспективным создание ряда судовых газопаровых турбинных установок различной мощности по различным схемам на основе ГТД и паровых турбин. Перспективно также применение ГТУ на газовозах, где количество газа, испаряющегося из танков за сутки (0,25 % перевозимого количества газа), достаточно для удовлетворения потребностей судовой энергетической установки в топливе. Потери теплоты с выпускными газами и охлаждающей водой ДВС могут быть использованы в схемах утилизации для получения теплоты, механической энергии в опреснительных и абсорбционных холодильных установках по отдельности или в комбинированных схемах СУТ.

С учетом телловых балансов отдельных потребителей уравнение теплового баланса судна в относительных величинах примет вид [25]

$$(q_{e} + q_{r} + q_{oxn} + q_{oxn} + q_{oct}) x + (q_{e}^{B,R} + q_{not}^{B,R}) y + (q_{e}^{K,y} + q_{not}^{K,y}) z = 1,$$
 (3.33)

где  $q_{\text{пот}}^{\text{в.д}}$  теплота, преобразованная в работу во вспомогательных двигателях;  $q_{\text{пот}}^{\text{в.д}}$  — потери теплоты с выпускными газами, охлаждающей водой и другие потери во вспомогательных двигателях;  $q_{e}^{\text{к.у}}$  — полезно используемая теплота в котельной установке;  $q_{\text{пот}}^{\text{к.у}}$  — потери теплоты в котельной установке.

Группируя все потери, которые не могут быть использованы или которые нецелесообразно использовать в утилизационных устройствах, получаем

$$q_{e}x + q_{r}x + q_{oxn}x + q_{e}^{B,\Pi}y + q_{e}^{K,y}z + \Sigma q_{not} = 1,$$
 (3.34)

где  $\Sigma q_{_{\mathrm{not}}} = (q_{_{\mathrm{M}}} + q_{_{\mathrm{oct}}})x + q_{_{\mathrm{not}}}^{_{\mathrm{B,I}}}y + q_{_{\mathrm{not}}}^{_{\mathrm{K}}y}z$  — общее количество тепловых потерь, неиспользуемых в схемах утилизации.

В зависимости от значений х, v, z могут быть предложены следуюшие схемы использования теплоты выпускных газов.

1. Полное или частичное замещение вспомогательных котлов **УТИЛИЗАЦИОННЫМИ** 

$$q_{x}\psi \leq q^{xy}z. \tag{3.35}$$

2. Полное замещение вспомогательного котла утилизационным и частичное замещение вспомогательных двигателей турбогенератором

$$q_x \psi > q^{\kappa y} z. \tag{3.36}$$

3. Полное или частичное замещение вспомогательных двигателей турбогенератором, работающим на паре утилизационных котлов

$$q \underset{\Gamma}{x} \psi \underset{\Gamma}{\eta} \leq q_{e}^{\text{B,}\pi} y. \tag{3.37}$$

4. Полное замещение вспомогательных двигателей турбогенератором и частичное замещение вспомогательного когла утилизационным

$$q \underset{\Gamma}{\text{wy}} \underset{\Gamma}{\text{y}} \leq q^{\text{B,T}} \tag{3.38}$$

5. Полное замещение вспомогательных двигателей турбогенератором и вспомогательного котла утилизационным

$$q x \psi \eta \sum_{e} q^{\text{в.д}}_{e} y + q^{\text{к.y}}_{e} z \eta_{\text{T.y}},$$
 (3.39)

онных котлов, принимается в пределах 0,29 – 0,34.

Наддув двигателей на судах осуществляется обычно при помощи газовых турбин, работающих на выпускных газах. Однако возможно применение и даровых турбин, работающих на паре утилизационных котлов.

В рассмотренных неизбыточных тепловых схемах утилизации целесобразно также использовать потери теплоты с охлаждающей жидкостью. При определенном температурном уровне эти потери можно употребить на получение пара, который может быть использован в паотурбинной установке.

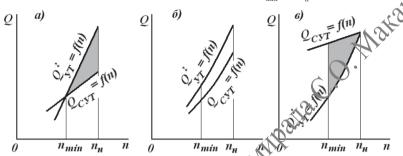
Потеря теплоты с охлаждающей жидкостью может быть также утилизирована на рефрижераторных судах в абсорбционных или эжекторных холодильных машинах и на сухогрузных судах в системах кондиционирования воздуха. Это позволит сократить расходы теплоты на получение электроэнергии в ходовом режиме на привод компрессорных холодильных машин. Там, где это возможно, необходимо стремиться к снабжению потребителей тепловой энергией за счет использования теплоты охлаждающей двигатель воды. В этом случае весь пар (или большая его часть), производимый утилизационными котлами, работающими на выпускных газах, может быть использован в турбогенераторе. Таким образом, тепловая энергия выпускных газов и охлаждающей двигатель жидкости может быть использована совместно как в паросиловом цикле вместо вспомогательных двигателей, так и для получения тепловой энергии, расходуемой на различные нужды судна

Чтобы найти оптимальное решение реализации отходов теплоты главных двигателей, в первую очередь необходимо определить количество вторичных энергоресурсов, которые могут быть использованы в схеме утилизации  $(q_{_{\Gamma}}, q_{_{\text{охл}}}, \psi_{_{\Gamma}}, \psi_{_{\text{охл}}})$  при эксплуатационных режимах работы судна. Зная потребителя электрической и тепловой энергии на судне и значения x, y, z, а также ориентировочные значения КПД вспомогательной паротурбинной установки  $\eta_{_{{\Gamma},{Y}}}$ , можно последовательно определить коэффициенты замещения  $(R_{_{\Gamma}}-$  коэффициент замещения вспомогательных котлов утилизационными и  $R_{_{\Gamma}}$  коэффициент замещении вспомогательных двигателей турбогенератором) с учетом максимального использования теплоты охраждающей воды на тепловые нужды судна, а затем выбрать схему училизации.

Выбор оптимального варианта схемы утилизации с наиболее полным использованием отходов теплоты главных двигателей производится путем технико-экономического сопоставления выбранных вариантов.

Для определения расчетной тепловой нагрузки утилизационного устройства, работающего на выпускных газах, необходимо знать характер ее изменения в зависимости от режима работы главных двигателей. Изменение тепловой нагрузки зависит также от принятой схемы утилизации. Если потребителями утилизационных устройств являются вспомогательные механизмы и аппараты, обслуживающие главные двигатели характер ее изменения будет одним, а если потребителями являются общесудовые системы — другим. С учетом характера изменения тепловой нагрузки утилизационного устройства (для принятой схемы утилизации) на рис. 3.17, а наносится линия  $Q_{\text{сут}} = f(n)$ . Точка пересечения с линией располагаемой теплоты выпускных газов, которая может быть полезно использована, определяет расчетную тепловую нагрузку и диапазон частоты вращения, при котором возможна устойчивая работа вспомогательных котлов или вспомогательных двигателей, или тех и других, вместе взятых. Коэффициент запаса, равный единице, выби-

рается при соответствующем среднеэксплуатационному режиму судовой энергетической установки. Для большинства транспортных судов при проектировании утилизационных устройств минимальная частота вращения при работе на винт принимается  $n_{\min} = (0.88-0.92)n_{_{\rm H}}$ , что соответствует снижению мощности на 25-30% от номинальной. При этом желательно подбирать такие потребители утилизационной теплоты, которые обеспечивали бы минимальный запас по располагаемой теплоте во всем диапазоне частоты вращения от  $n_{\min}$  до  $n_{_{\rm H}}$ .



*Puc. 3.17.* Зависимости  $Q_{\text{сут}} = f(n)$  и  $Q_{\text{ут}}^{\text{r}} = f(n)$  для различных систем утилизации теплоты выпускных газов

Построенная линия  $Q_{\text{сут}} = f(n)$  может расположиться ниже линии  $Q_{\text{ут}}^{\text{г}} = f(n)$ . В этом случае тепловая схема утилизационного устройства во всем рассматриваемом диалазоне частоты вращения является избыточной (рис. 3.17,  $\delta$ ). При частичном замещении вспомогательных котлов или вспомогательных двигателей коэффициент запаса по располагаемой теплоте  $\zeta = 1$  выбирается при номинальной частоте вращения (рис. 3.17,  $\delta$ ). В этой схеме с уменьшением, частоты вращения коэффициент запаса располагаемого тепла оказывается меньше единицы. Недостающее количество теплоты (затененная область) здесь восполняется за счет вспомогательных котлов.

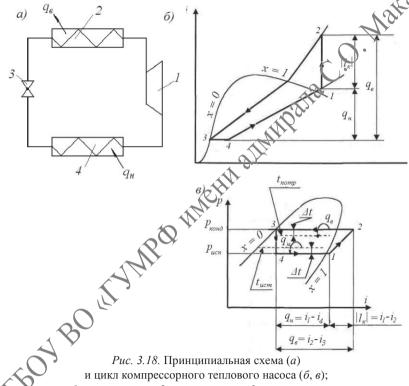
## 3.5.2. Использование теплонасосных технологий в различных схемах утилизации ВЭР

Тепловыми насосами называют установки, предназначенные для повышения температурного уровня теплоты за счет затраты для этого работы. Термодинамическая эффективность теплового насоса характеризуется коэффициентом трансформации теплоты, называемым иногда отопительным коэффициентом:

$$\mu = q / l = (q + l) / l, \qquad (3.41)$$

где q — теплота низкого потенциала (температуры), подводимая к рабочему телу;  $q_{_{\rm D}}$  — теплота повышенного потенциала (температуры), отводимая от рабочего тела к потребителю; l — затраченная механическая энергия высокого потенциала (работа компрессора).

Коэффициент трансформации теплоты (отопительный коэффициент) численно равен количеству единиц теплоты, отдаваемых MakadoBar потребителю тепловым насосом на единицу затраченной энергии. Принципиальная схема и расчетно-теоретический цикл компрессорного теплового насоса представлены на рис. 3.18.



и цикл компрессорного теплового насоса  $(\delta, \epsilon)$ ; I — испаритель, 2 — компрессор, 3 — конденсатор, 4 — редукционный клапан

Компрессор 2 адиабатически повышает давление пара до давления  $P_{_{\mathrm{конд}}}$ , в конденсаторе 3 первоначально нагретый пар охлаждается до насыщенного состояния, а затем конденсируется, отдавая теплоту потребителю. Из конденсатора жидкость поступает к редукционному клапану 4, где происходит понижение давления до  $P_{\rm исп}$ . Образовавшийся в результате дросселирования влажный пар направляется в испаритель I, где, испаряясь, отнимает теплоту  $q_{_{\rm H}}$  от источника теплоты низкой температуры.

Коэффициент трансформации теплоты рассматриваемого цикла запишется как

$$\mu = (i_2 - i_3)/(i_2 - i_1), \tag{3.42}$$

где i , i , i — энтальпии пара и жидкости в характерных точках цикла.

Рабочее тело тепловых насосов следует выбирать из соображений близости к атмосферному давлению в испарителе и сравнительно невысокого давления в конденсаторе. Применяемые вещества должны быть невзрывоопасны и нетоксичны, химически стабильны и обладать коррозионной пассивностью. К таким веществам могут быть отнесены вода и некоторые хладоны (фреоны). Коэффициент трансформации теплоты (отопительный коэффициент) в несколько раз больше единицы. Термодинамических противоречий в этом нет механическая энергия высокого потенциала способствует повышению низкого потенциала теплоты. Энергетическая целесообразность применения теплового насоса по сравнению с котлом, работающим на жидком топливе, может быть доказана следующим образом.

Количество полезной теплоты, произведенной вспомогательным котлом,

$$Q_{\Pi} = B_{R} Q_{P}^{H} \eta_{KV}, \qquad (3.43)$$

или тепловым насосом

$$Q_{\Pi} = \mu B_{\Omega} Q_{\rho}^{H} \eta, \qquad (3.44)$$

где B, B — расходы топлива на котле и двигателе теплового насоса, приводящий во вращение его компрессор;  $\eta_{\kappa,y}$ ,  $\eta_e$  — КПД котельной установки и двигателя теплового насоса.

Изсовместного решения последних уравнений получим

$$B_{\mu} = B_{\mu} \eta_{\kappa,\nu} / \eta_{e} \mu. \tag{3.45}$$

Расход топлива на тепловой насос будет меньше, чем на вспомогательный котел, если наблюдается неравенство

$$\mu > \eta \underset{\kappa,y}{/} \eta_{e}. \tag{3.46}$$

Принимая  $\eta_{\kappa,y} = 0.78 - 0.82$  и  $\eta_e = 0.35 - 0.4$ , видим, что тепловой насос может дать экономию топлива при условии, если его коэффи-

циент трансформации равен  $\mu = 2.0 - 2.5$ . При повышении температурного уровня теплоты вторичного контура системы охлаждение лизеля с 60 ло 120 °C можно получить и = 4.0. Это показывает энергетическую пелесообразность применения теплового насоса для повышения температурного уровня потерь теплоты в системе охлажления дизелей и последующего использования этой теплоты в системе теппоснабжения

Принцип работы инфракрасных систем отопления основан на прином физическом явлении — прямой передаче тепла всем до предметам, находящимся в зоне передаче тепла всем до этого системи. родном физическом явлении — прямой передаче тепла всем физическим предметам, находящимся в зоне действия аппарата. Очень часто из-за этого системы инфракрасного отопления называют системами прямого теплоизлучения (СПТ) [53], [55].

Инфракрасное излучение, испускаемое металлической трубой-излучателем, проникает через воздух и преобразуется в тепло при попадании на поверхность непрозрачных предметов. Теплоносителем здесь служит смесь воздуха с продуктами сгорания газа или жидкого топлива), циркулирующая по контуру теплоиздучающих труб, с поверхности которых инфракрасное излучение распространяется через воздух и нагревает поверхности (пол поменения, оборудование, рабочие места и т. п.), т. е. организовано тепловое взаимодействие между серыми телами (излучатель — полздания), разделенными лучепрозрачной средой. Вся система устанавливается на высоте от 4 до 35 м и полностью автоматизирована.

При применении инфракрасных нагревателей время нагрева минимально, так как отсутствуют затраты на прогрев промежуточного теплоносителя — воздуха, что в итоге приводит к значительному энергосбережению во времени. При применении систем инфракрасного отопления полностью исключаются сооружение котельных, установка тепловых сетей, их ремонт, обслуживание, затраты на эксплуатацию, сокращается штат обслуживающего и аварийного персонала, запасы материалов и оборудования, освобождаются значительные площади, исчезает опасность размораживания системы в аварийной ситуации.

Энергоносителями для ИК-систем отопления могут служить:

- электроэнергия;
- природный газ, природный сжиженный газ или пропан-бутановая смесь:
  - жидкое (дизельное) топливо.

Принцип работы ИК-систем независимо от вида используемого энергоносителя остается тем же, а экономические показатели существенно отличаются в пользу природного газа.

Газовые ИК-излучатели различаются по температурным уровням поверхности излучения:

- «светлые» высокотемпературные ( $t_{\text{max}} > 1000 \, ^{\circ}\text{C}$ );

лучающий элемент, отражательный экран и защитная сетка (рис. 3.19).

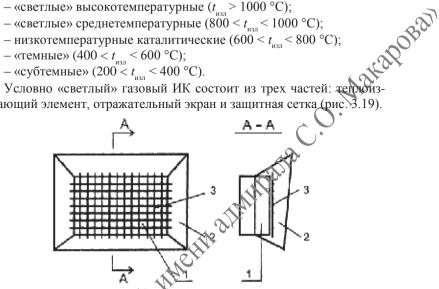


Рис. 3.19. Схема «светлого» газового инфракрасного излучателя: I — теплоизлучающий элемент; 2 — отражательный экран;

Конструктивной особенностью «светлого» ГИИ является наличие керамического теплоизлучающего элемента, в каналах которого сжигается газ. Высокая температура горения и специальным образом организованный процесс сжигания газа способствуют практически полному разложению продуктов сгорания в пористом керамическом элементе. Этот же керамический элемент является «ахиллесовой пятой» «светлого» ГИИ, так как требует высокой техники изготовления для достижения полного распада продуктов сгорания. Высокая температура на поверхности теплоизлучателя значительно увеличивает зону безопасности «светлого» ГИИ и, что самое главное, использование таких керамических теплоизлучателей существенно ограничивает тепловую мощность до 30 - 50 кВт и длину до 1,5 - 2 м прибора. В целом использование «светлых» ГИИ выгодно для помещений

с небольшой тепловой потребностью и нужд локального или децентрализированного отопления.

Конструкция «темных» и «субтемных» аппаратов такова, что растянутый газовый факел образуется внутри излучателя. Благодаря этому удается ликвидировать температурные максимумы в пригорелочной зоне излучателя 1 и получить более равномерную облученность помещения. «Темные» («короткие») ИК-аппараты имеют длину 6 – 24 м, «длинные» («субтемные») — до 350 м. «Короткие» излучатели выпускаются в двух основных вариантах: прямоточные и U-образной формы (рис. 3.20, *a*). Последние значительно эффективнее прямоточных по тоэффициенту равномерности излучения, поэтому из «коротких» излучателей предпочтительнее применять U-образные.

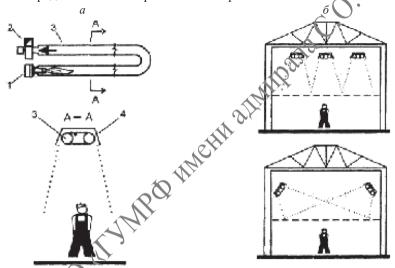


Рис 3.20. Схема «темного» газового инфракрасного излучателя 1 — газогорелочный блок; 2 — вентилятор; 3 — теплоизлучающая труба; 4 — отражательный экран (a);

ные решения систем обогрева с применением «темных излучателей» (б)

Мощность «коротких» аппаратов в основном 10-60 кВт, «длинных» — до 500 кВт. Критерием оптимального проектного решения по размещению излучателей служит равномерность обогрева (интенсивность излучения  $\mathrm{Bt/m^2}$ ) пола и физиологически комфортная температура в отапливаемом помещении. Они, как правило, размещаются в верхних частях помещений или площадок на высоте не менее 4 м

от поверхности пола. При этом аппараты могут крепиться на колоннах и стенах, подвешиваться к фермам, балкам, конструкциям перекрытий или размещаться на специальных стойках. Некоторые компоновочные варианты приведены на рис. 3.20, б.

Основные преимущества ИК-систем отопления:

- значительная, по сравнению с традиционными системами, экономия энергоносителей;
- высокии КПД (92 94 %);

   практическое отсутствие тепловой «подушки» в верхней часты ещения;

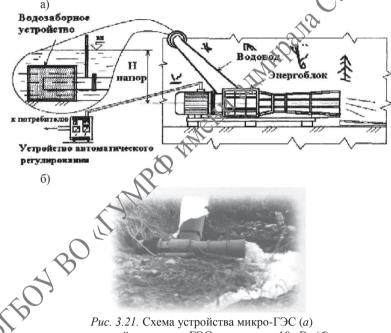
   малая инерционность системы (жесты поможения) помещения:
- ры в помещении +5 °C до рабочей +18 °C менее чем за один час)
- комфортная температура за счет активного ИК-излучения фактически на 2 – 5 градусов ниже, чем при традиционных системах отопления:
- автоматическая оптимизация процесса горения обеспечивающая минимизацию расхода газа, безопасность в эксплуатации и низкое содержание вредных веществ в отработанных газах;
- улучшение теплопередачи за счет ионизации пламени, приводящей к снижению образования NO и осаждению сажи в трубах;
- возможность программирования температурных параметров в зоне обогрева (обогрев отдельных участков и автоматический контроль параметров отопления);
- решение проблемы запыленности и сквозняков за счет отсутствия активного перемещения воздушных масс;
  - простота обслуживания.

Преимуществом данных систем отопления перед традиционными является вдвое меньшая установленная мощность на единицу площади помещения (1 кВт мощности на 10 м² площади при традиционном отоплении и на 20 м<sup>2</sup> при использовании ИК-излучения). Автоматический контроль параметров отопления по зонам позволяет предельно рационально использовать потребляемый энергоноситель. Фактический расход таза на введенных объектах с системами инфракрасного излучения в иять и более раз ниже аналогичного расхода на объектах с традицион-

Несмотря на разные стоимостные параметры излучателей (отличие в цене достигает 25 %), показатели «цена-качество» в предложениях как отечественных, так и импортных компаний очень близки. Основными критериями для выбора приборов являются: надежность, применение более долговечных материалов для их изготовления, уровень технических разработок и управления, качество изготовления, удобство при монтаже. Решение о выборе оборудования должно приниматься на основе индивидуального расчета объекта.

#### 3.5.4. Микро- и малые гидроэлектростаниии

В России имеется успешный опыт создания и эксплуатации подобных ГЭС в различных климатических зонах на перепадах напора уже существующих плотин, каналов, системах водоснабжения и водоотведения промышленных предприятий и объектах городского хозяйства, очистных сооружениях, оросительных системах и питьевых водоводах, а также при использовании гидроэнергетических ресурсов малых рек. Схема устройства микро-ГЭС и внешний вид микро-ГЭС мощностью 10 кВт приведены на рис. 3.21.



*Рис.* 3.21. Схема устройства микро-ГЭС (a) и внешний вид микро-ГЭС мощностью 10 кВт ( $\delta$ )

Микро-ГЭС с пропеллерным, диагональным или ковшовым рабочим колесом при различных напорах (от 2 до 18 м) и расходах (от 0,07 до 1,2 м $^3$ /с) могут обеспечить мощность от 5 до 100 кВт. Для малых ГЭС могут быть поставлены гидроагрегаты с осевыми, радиально-осевыми

или ковшовыми турбинами мощностью до 5600 кВт. Основные технические характеристики микро-ГЭС и гидроагрегатов для малых ГЭС представлены в табл. 3.7-3.11.

Таблица 3.7 Микро-ГЭС с пропеллерными трубами

				1 0	
	Тип микро-ГЭС				
Параметры	Микро-Г	ЭС 10ПР	Микро-Г	ЭС 50ПР	микро-ГЭС 100ПР
Мощность, кВт	0,6-4,0	2,2 – 10,0	10,0 – 30,0	10,0 - 50,0	40,0 – 100,0
Напор, м	2,0 – 4,5	4,5 – 10,0	2,5 - 6,0	4,0 – 10,0	6,0 –18,0
Расход, м3/с	0,07-0,14	0,10 - 0,21	0,3 - 0,8	0,4-0,9	0,5-1,2
Частота враще- ния, мин <sup>-1</sup>	1000	1500	600	750	1000
Номинальное напряжение, В	230 + 15 - 30		230 +25 -50		230 + 15 - 30 400 + 25 - 50
Номинальная частота тока, Гц	50 ±2,5		50 =	±2,5	50 ±2,5

Таблица 3.8 Микро-ГЭС с диагональной и ковшовой турбинами

		* 1	
Параметр	Тип микро-ГЭС		
Параметр	Микро-ГЭС 20 ПрД	Микро-ГЭС 100К	
Мощность, кВт	10 – 20	До 100	
Напор, м	8 – 18	40 – 250	
Расход мус	0,08 - 0,17	0,015 - 0,046	
Частота вращения, мин-1	1500	750; 1000; 1500	
<b>2</b>	230	230	
Номинальное напряжение, В	- 30 400 +25 - 50	-30 400 +25 -50	
Номинальная частота тока, Гц	50 ±2,5	50 ±2,5	

Таблица 3.9

Гидроагрегаты с пропеллерными турбинами

Помольно	Тип гидроагрегата			регата	
Параметр	ГА1	ГА8	ГА13	Пр15	Пр30
Мощность, кВт	100 – 330	150 – 1800	50 – 200	До 130,0	До 150,0
Напор, м	3,5 – 9,0	6,0 - 22,0	2,0-5,0	2,0 - 12,0	4,0 - 18,0
Расход, м <sup>3</sup> /с	2,3 - 6,2	2,5 – 11,0	2,3-5,0	0,44 – 1,5	0,38 – 1,1
Частота вращения, ротора турбины, мин-1	200 – 360	300 - 600	190 – 300	600; 750; 1000	750; 1000;
Номинальное напряжение, В	400	400; 6000; 10000	400	230/400	230/400
Номинальная частота тока, Гц	50±2,5	50±2,5	50±2,5	50±2,5	50±2,5

Таблица 3.10 Гидроагрегаты с радиально-осевыми туроинами

			-1.49		
Параметр	Тип гидроагрегата				
Параметр	ГА2 ГА4		ГА9	ГА11	
Мощность, кВт	До 950	550	3300	5600	
Напор, м	30 – 100	25 - 55	70 - 120	100 – 160	
Расход, м <sup>3</sup> /с	0,4-1,25	0,4-1,3	0,6-3,2	1,5-4,0	
Частота вращения, ротора турбины, мин-1	1000; 1500	1000	750; 1000	1000	
Номинальное напряжение, В	400,6000	400; 6000	6000; 10000	6000; 10000	
Номинальная частота тока, Гц	50±2,5	50±2,5	50±2,5	50±2,5	

Таблица Гидроагрегаты с ковшовыми турбинами

Параметр	Тип гидроагрегата		
Параметр	ГА-5	ГА10	
Мощность, кВт	145 – 620	290 – 3300	
Напор, м	150 – 250	200 – 450	
Расход, м³/с	0,17-0,32	0,19-0,90	
Частота вращения, ротора турбины, мин-1	500; 600	600; 750; 1000	
Номинальное напряжение, В	400; 6000	400; 6000; 10000	
Номинальная частота тока, Гц	50 ±2,5	50 ±2,5	

## 3.5.5. Лучшие зарубежные практики по мерам, технологиям и средствам энергосбережения на объектах инфраструктуры водного транспорта

#### Водные пути и гидросооружения

Анализируя международный опыт обеспечения энергетической эффективности на объектах водных путей, следует отметить высокий износ объектов гидросооружений и выделить следующие приоритетные направления повышения энергетической эффективности:

- обеспечение учета на всех стадиях производства и потребления энергетических ресурсов;
- обеспечение надежности электроснабжения работы гидроузла (в том числе на основе создания резервного источника электроснабжения шлюза);
- модернизация электропривода подъемно-опускных ворот, в том числе на основе применения частотно-регулируемого электропривода;
- замена устаревшего насосного оборудования камер шлюза на современное, менее мощное, но обеспечивающее ту же производительность;
- оптимизация загрузки шлюза судами на основе диспетчеризации судов.

### Морские и речные порты и пранспортные терминалы

При написании этого нараграфа использованы данные гл. 2.1. «Анализ лучших мировых нрактик организации портовой деятельности» Программы инновационного развития ОАО «Мурманский морской торговый порт» на период 2011 – 2015 гг.» [57], [58].

Мировыми лидерами по таким показателям эффективности как  $TEU^{1}$  и  $PPI^{2}$  являются такие ведущие порты мира как:

PSA Port Authority of Singapore (Сингапур);

Port of Rotterdam (Роттердам, Нидерланды);

Port Authority of New York & New Jersey (Нью-Йорк, США);

Shanghai international port (group) (Шанхай, Китай);

The port of Los-Angeles (Лос-Анджелес, США).

TEU (Twenty-footequivalentunit (20-фунтовый эквивалент)) — условная единица измерения количественной стороны транспортных потоков, пропускной способности контейнерных терминалов или вместимости грузовых транспортных средств

<sup>2</sup> PPI (PortPerformanceIndicator) — система оценки эффективности поров, оценивающая три основных вида деятельности порта: 1 — грузовой трансфер (стивидорные услуги, лоцманские услуги, буксировка, бункеровка), логистические услуги (транспортные и экспедиторские услуги), производственные услуги (управление портом, обеспечение водой, отоплением, топливом и энергией).

PSA Port Authority of Singapore (Сингапур). В настоящее время порт Сингапура представляет собой современный многофункциональный портовый комплекс, предназначенный для обработки всех видов грузов и обслуживания пассажирских морских линий. По состоянию на 2010 г., грузооборот порта составляет свыше 503 млн т по всем видам MakapoBar грузов, оборот контейнеров — 28.4 млн ТЕЦ. В порту работают две компании-оператора: PSA Singapore и JurongPort. Порт обладает следующими основными характеристиками:

- количество причалов 80;
- общая длина причалов: свыше 16,5 тыс. м;
- плошаль около 2000 га:
- максимальная глубина 16 м;
- количество береговых кранов 143.

Порт обслуживает свыше 100 судозаходов крупных грузовых судов (>75 GT) в день и соединяется морскими маршругами с 600 другими портами в 123 странах мира.

Port of Los Angeles (США). В настоящее время порт Лос-Анджелеса приспособлен для обработки всех видов грузов и способен принимать океанские суда любого класса, в том числе самые крупные. Годовой грузооборот порта по состоянию на 2010 г. составил 157,8 млн т, оборот контейнерных грузов — более 595 тыс. ТЕИ. Многие эксперты убеждены, что мощности порта в настоящий момент практически исчерпаны по площади и пропускной способности подходящих к порту автомобильных и железных дорог. Порт обладает следующими основными характеристиками:

- количество при налов 53;
- общая длина причалов свыше 12 тыс. м;
- площадь более 800 га;
- максимальная глубина 16 м;
- количество береговых кранов 71.

Port of Rotterdam (Нидерланды). Порт Роттердама в настоящее оемя является одним из крупнейших европейских морских портов. Ууществующий годовой грузооборот порта по состоянию на 2010 г. составляет свыше 429 млн т по всем видам грузов, в том числе оборот контейнерных грузов свыше 5,7 млн ТЕИ. Порт обладает следующими основными характеристиками:

- площадь 6855 га;
- общая длина причалов свыше 89 тыс. м;

- максимальная глубина 24 м.;
- количество береговых кранов свыше 130.

Shanghai International Port (Китай). Единственным оператором порта является государственная компания Shanghai International Port (Group) Company, Limited (SIPG), которая была создана после реорганизации портовых властей в 2003 г. В зону ответственности компании входит транспортировка отечественных и международных грузов по земле и по воде, производство, обслуживание и предоставление в аренду контейнеров; управление складскими площадями. оказание порто вых услуг, развитие и девелопмент на территории порта. Объем грузооборота порта является одним из крупнейших в мире, по итогам 2010 г. он составил 368 млн т грузов, в том числе контейнерных свыше 30 млн TEU. Компания SIPG владеет и управляет 125 причалами общей длиной около 20 тыс. метров, из которых 82 причала обладают возможностью принимать крупнейшие в мире суда. Общая площадь складских мощностей составляет 293 тыс. кв. м., открытых площадок хранения — свыше 4,7 млн кв. м. Компания также владеет свыше 5143 ед. грузообрабатывающей техники.

Port of New York & New Jersey (СИІА). Порт Нью-Йорка и Нью-Джерси является основными грузовыми воротами восточного побережья США и третьим по величине портом этой страны. В 2010 г. объем грузооборота контейнеров через порт вырос на 16 % относительно предыдущего года и, несмотря на мировой финансовый кризис, преодолел отметку в 5,3 млн ТЕО. Портовые власти владеют и управляют практически всеми контейнерными терминалами порта, за исключением двух частных терминалов. Суммарная стоимость грузов, отправленных и полученных через порт Нью-Йорка и Нью-Джерси, в 2010 г. превысила \$190 млрд, что является для порта рекордом за всю его историю.

Программы повышения энергоэффективности развиваются ведущими портами по следующим основным направлениям [51].

. Наиболее активно развиваемое направление — организация берегового электропитания для заходящих судов, чтобы они во время нахождения у причалов заглушали свои дизельные двигатели, за счет чего достигается экономия топлива и снижение вредных выбросов в атмосферу. Такие проекты наиболее широко развиты в Лос-Анджелесе и Роттердаме, где уже построена вся необходимая инфраструктура, и совместно с генерирующими компаниями сформирована привлекательная линейка тарифов на электроэнергию. Судам, обладающим

технической возможностью доступа к береговому электропитанию, предоставляются существенные скидки от портовых сборов и тарифов. В других упомянутых портах эта инновация находится пока на начальных стадиях внедрения и доступа в очень ограниченном объеме.

- 2. Во всех перечисленных портах, за исключением порта Шанхая, введена система стимулирования судовладельцев к использованию дизельного топлива более высокого класса (ультранизкосернистого) за счет предоставления скидок к тарифам и сборам порта для таких судов; судовладельцы также финансово стимулируются к установке систем очистки отработавших газов (газовых катализаторов) на своих судах; кроме того, также во всех портах введена система снижения скорости судов (обычно, за 30 50 км до входа в порт) до 12 уздов, что позволяет обеспечить экономию топлива до 15 30 % и снизить уровень вредных выбросов.
- 3. Для повышения эффективности и экологичности автотранспорта, присутствующего на территории порта, предпринимаются меры по замене существующего автопарка порта и работающих в нем компаний на автомобили с наиболее современными двигателями, соответствующими самым строгим на текущий момент экологическим требованиям. В частности, наибольший объем работы в этом направлении проделан в портах Лос-Анджелеса, Нью-Йорка и Роттердама, где процент «чистого» автопарка приближается к 100 % за счет запрета въезда на территорию старых автомобилей, системы скидок и надбавок для сторонних компаний в зависимости от экологического состояния их автопарка, а также прямых субсидий на обновление автопарка (до 25 % от капитальных затрат).
- 4. Активно идет разработка и внедрение автомобилей и грузообрабатывающего оборудования на альтернативных источниках энергии. В частности, это грузовики и малая грузовая техника на природном газе, биотойниве (этанол Е-85, биодизель), полностью электрические либо на водородных ячейках. Наибольших успехов в этом направлении удалось добиться порту г. Лос-Анджелес: в 2010 г. в него было поставлено 25 полностью электрических грузовых автомобилей (запас хода на одной зарядке до 100 км), готовится поставка грузовиков на гибридном водородном двигателе (запас хода до 600 км); в качестве дополнительной меры из этой группы в портах Лос-Анджелеса и Нью-Йорка реализуется программа замены/модернизации дизельных кранов в пользу электрических.
- 5. В качестве дополнительной меры повышения энергоэффективности порты стимулируют установку на вновь закупаемой транспортной

и грузообрабатывающей технике систем рекуперации энергии, в частности рекуперации энергии в портальных кранах (при опускании груза), которые также интенсивно переводятся на полностью электрическую тягу, и рекуперации энергии торможения в автотранспорте. Такие мероприятия активно проводятся в портах Лос-Анджелеса и Роттердама; Сингапур и Нью-Йорк в этом плане несколько отстают от них, и случаи применения такой технологии там единичны, в Шанхае данные мероприятия практически не реализуются.

примтия практически не реализуются.

Наиболее передовая технология снижения вредных выбросов разграбатывается в настоящее время в Роттердаме. Для него, как для порта с очень большой промышленной составляющей, наибольший объем выбросов генерируют именно предприятия нефтехимической промышленности и угольной теплоэлектроэнергетики. Суть разрабатываемого в настоящее время НИОКР состоит в улавливании выбросов углекислого газа этих предприятий и организации инфраструктуры для его транспортировки и промежуточного хранеция. Окончательное захоронение всех этих объемов газа предполагается осуществлять на дне моря. В настоящее время проект прощей стадию исследований; производится строительство демонстрационного образца данной технологии.

Автоматизированный контроль, экологической обстановки. В ряде портов, в частности в Роттердаме, Нью-Йорке и Лос-Анджелесе, проводится круглосуточный автоматизированный контроль экологических показателей. На территории портов установлена сеть автоматизированных станций контроля воздуха, в режиме реального времени собирающих информацию о направлении и скорости ветра, температуре, давлении, наличии и концентрации загрязняющих веществ, уровне солнечной радиации и общего радиационного фона. На основе собранных сведений составляется и динамически обновляется карта чистоты воздуха, доступная для просмотра в режиме «онлайн». С помощью специальных сенсоров и сонаров проводится контроль качества воды в акватории порта. Эти данные также собираются в рамках единой автоматизированной системы и доступны администрации порта в реальном времени. Кроме того, в порту Сингапура для контроля загрязнения акватории применяется фотовидеосъемка со спутника.

Использование альтернативной электрической генерации. В двух из упомянутых портов построены альтернативные источники электрогенерации. В порту г. Лос-Анджелес в качестве источника альтернативной энергетики используются солнечные батареи, поскольку климат и конфигурация порта делает их наиболее эффективным решени-

ем. Существующая развернутая мощность батарей составляет около 10 МВт. Порт также проводит политику стимулирования компаний, работающих в порту, к использованию солнечной энергии, за счет ряда финансовых и нефинансовых стимулов. Обширная акватория и климат Северного моря делают ветряные турбины наиболее эффективным источником генерации для Роттердама. В настоящее время, развернутая мощность турбин составляет около 150 МВт, по планам порта она будет удвоена к 2020 г. Энергия с этих турбин будет применена не только для нужд самого порта и связанных с ним структур, но также будет поставляться в домовладения г. Роттердам.

В порту Нью-Йорка применяется комплексный подход к айт тернативной энергогенерации: используются ветряные турбины (9 шт., 50 МВт), генерация на биотопливе и биологических отходах, а также мини-генерация на водородных топливных ячейках (1,2 МВт, в рамках одного здания).

Инновационные технологии на железнодорожном транспорте. Единственным портом, применяющим к железнодорожным перевозкам инновационный подход, является порт Лос-Анджелес. Инновация заключается в способе укладки контейнеров на вагон-платформу: в порту они укладываются не в один, а в два «этажа». За счет этого достигается практически удвоение объема контейнеров, транспортируемых одним поездом, и снижение нагрузки на железнодорожную сеть. Кроме того, потребление электроэнергии такими поездами также ниже, чем при укладке контейнеров традиционным методом.

Кроме того, интермодальный центр порта Лос-Анджелес обладает необходимым техническим оборудованием, позволяющим обеспечить скорость обработки грузов до 100 контейнеров в чел./час. Такой уровень производительности труда позволяет интермодальному центру отправлять и принимать около 140 поездов еженедельно, или по 20 поездов в день Все грузообрабатывающее оборудование интермодального центра работает на электрической тяге.

Прочие технологии. К прочим инновационным технологиям, применяемым в перечисленных портах, относятся:

- использование светодиодных источников освещения для достижения энергоэффективности (применяется в порту Нью-Йорка, в других портах применяются стандартные энергосберегающие, люминесцентные и газоразрядные лампы);
- финансовое поощрение персонала к использованию велосипедов в качестве личного транспорта и способа передвижения по территории порта (порт Нью-Йорка);

– установка систем электрического предпускового подогрева на дизельные двигатели локомотивов и барж для исключения необходимости их работы «вхолостую» на стоянке (порт Нью-Йорка).

## Инновационные технологии повышения экологичности и энергоэффективности для морских портов

К передовым международным практикам повышения экологичности и энергоэффективности деятельности порта относятся следующие основные технологии:

- организация берегового электропитания для заходящих судов, использование дизельного топлива высокого экологического класса (низкосернистого);
- ограничение скорости хода судов в определенном радиусе от порта;
- замена парка автомобилей и грузообрабатывающей техники на решения более высокого экологического класса, в том числе на альтернативных топливах и с использованием систем очистки отработавших газов, систем рекуперации энергии;
  - автоматизированный контроль экологической обстановки;
  - строительство систем альтернативной электрогенерации;
- использование современных энергоэффективных технологий освещения и отопления;
- поощрение персонала корта к использованию велосипедного транспорта.

Сильные и слабые стороны перечисленных инновационных технологий приведены в таба. 3.12

Однако следует отметить, что для применения рассмотренных энергоэффективных технологий имеются существенные ограничения по их применимости на большей части морских и речных портов России, особенно расположенных в районах ОУЭТ:

- использование топлив высокого экологического класса затруднено в силу того, что российские НПЗ практически не производят такие виды топлива;
- использование альтернативных топлив (биотопливо, водород т.п.) затруднено в силу их ограниченной доступности на российском рынке;
- применение ряда систем альтернативной электрогенерации, в частности — солнечных батарей, невозможно в силу существующих климатических условий и географического положения предприятий (районы Крайнего Севера).

## Энергоэффективные мероприятия для морских портов

Наименование технологии/ группы технологий	Сильные стороны	Слабые стороны
Организация берегового     электропитания для заходящих     судов	Снижение вредных выбросов в атмосферу за счет сокращения холостого хода бортовых генераторов судов;     Экономия топлива для судовладельцев.	Необходимость субсидирования части тарифа на электроэнергию, или выработки специальной линейки тарифов;     Существенный рост нагрузки на электросети порта, необходимость их модеризации;     Снижение общей энергоэффективности экономики за счет экспьиего суммарного КЦД берегового питания по оравлению с КПД дизель-ракервара (потери в электросетзку)»
2. Использование дизельного топлива высокого экологического класса (низкосернистого)	Снижение вредных выбросов в атмосферу     Повышение эксплуатационного ресурса дизельных двигателей	Ограничения доступность данило вида топлива     Новышенная стоимость учения по сравнению с обычными и необходимость субсидирования части затрат на него
3. Ограничение скорости хода судов в определенном радиусе от порта	Экономия топлива для сумву до 20-30%     Повышение экологичности и качества воздуха какатории порта     Снижение рюков возникнове выт аварий и инцидемов в акватории порта	• Увеличение времени движения грузов
4. Замена парка автомобилей и грузообрабатывающей техники на решения более высокого экологического класса, в т.ч. на альтернативных топливах и с использованием систем очистки отработавших газов, систем рекуперации энергии	• Повыпънке экологичности и отпривной экономичности эхники	Bысокий уровень капитальных заграт, необходимых на обновление парка / модернизацию     Bысокий уровень цен на ряд видов альтернативного топлива     Hеобходимость обеспечения специального техничес кого обслуживания техники с двигателями на альтернативных топливах     Ограниченная доступность альтернативных топлив
5. Автомади прованный контроль экологической обстановки	Быстрое выявление источников загрязнения, оптимальные сроки реагирования     Социальная значимость для жителей прилегающих территорий	Высокая капиталоемкость подобных решений
<ol> <li>Строительство систем альтернативной электрогенерации</li> </ol>	Повышение экологичности деятельности порта и экономики региона в целом Появление дополнительных источников генерации, в т.ч. возможности продажи электроэнергии третьим сторонам	Высокая сложность и плохая отработанность новых технологий генерации     Специальные требования к климатическим условиям и наличию территории     Дорогостоящее содержание оборудования     Низкая мощность по сравнению с традиционной генерацией

#### Окончание табл. 3.12

7. Использование современных энергоэффективных технологий освещения и отопления	Повышение уровня энергоэффективности, экономия топлива     Сокращение выбросов парниковых газов и СО2     Улучшенные эксплуатационные характеристики	Капиталоемкость подобных систем     Неочевидные показатели окупаемости вложений на их установку     Наличие специальных требований к условиям эксплуатации
<ol> <li>Поощрение персонала порта к использованию велосипедного транспорта.</li> </ol>	Снижение выбросов парниковых газов     Снижение нагрузки на дорожную сеть, примыкающую к порту	Необходимо наличие     благоприятных климатических     условий     Невысокий уровень удобства и     комфорта для персонала
работающ	бросов диоксида углер ими на сжиженном пр ачестве моторного то	оиродном газе
за счет использова	ния хладопотенциала	криогенного топлива
2.6.1. Папапачина	arr manamada ua asimisia	nuu ni na Paduu ni aga

# за счет использования хладопотенциала криогенного топлива

3.6.1. Перспективы перехода на сжиженный природный газ в качестве судового топлива и возможности снижения выбросов СО. с судов за счет преобразования его в тверого фазу — сухой лед

Использование сжиженного природного газа (СПГ) в качестве судового моторного топлива имеет хородийе перспективы, и не только экономические (разная стоимость СПС и нефтяных топлив), но и экологические — за счет уменьшения выбросов диоксида углерода СО,, окислов азота NO, и оксидов серы SO В качестве предупреждения для всей морской индустрии звучит предложение организации *Oxfam* и «Зеленой группы» Всемирного фонда дикой природы на сессии в Дурбане о взы-

мании налога в \$25 за точну судового топлива на основе нефти. Использование СПГ позволит выполнить строгие экологические номы по выбросам, вводимые в действие с 2015 г. для зон контроля выбросов [60] (Emission Control Areas-Eca) и уже введенные в действие с 2012 г. режимы контроля выбросов с морских судов вдоль района побережья США, требования с 2012 г. по обязательному переходу по всему миру на использование мазута с низким содержанием серы (LSHFO) с максимальной долей серы не выше 0,5 %, а также иные, не менее строгие нормативы. Согласно данным выполненных MECItellingence исследований, если сегодня в мире на газовом топливе работает около 100 судов мирового торгового флота, то к 2020 г. их количество может увеличиться до 10 000. Нарастает тенденция строительства судов с двухтопливными двигателями, позволяющими работу как на нефтяном топливе, так и на газовом. Так, сегодня почти три четверти заказанных судов для транспортировки СПГ строятся с двухтопливными двигателями [66].

В Норвегии успешно эксплуатируются 25 судов на природном газе. В ФРГ имеется 14 терминалов для хранения СПГ в качестве судового топлива, а четыре из них уже используются в качестве бункеровочных станций [61]. Таким образом, развитие мирового судостроения в направлении использования СПГ в качестве судового топлива является очевидным. При использовании СПГ в качестве судового топлива требуется найти ряд новых технических решений, связанных, в том числе, с системами бункеровки, хранения и топливоподготовки. Российский морской регистр судоходства констатировал величину общих выбросов от международного судоходства в 2007 г. в 2,7 % мировых выбросов. Прогнозируемое увеличение среднего количества выбросов к 2050 г. возрастет минимально в три раза и максимально в 5,4 раза по сравнению с показателями 2007 г.

Рабочий орган Международной морской организации, являющейся специализированным учреждением ООН — комитет по защите морской среды (МЕРС) выступил с инициативой разработки инструмента по защите атмосферы от парниковых газов. Международная конвенция по предотвращению загрязнений с судов (МАРОL 1973/78) в гл. 4 Приложения VI к MARPOL [60] установина требования, направленные на снижение эмиссии парниковых газов, которые в соответствии с Резолюцией ИМО МЕРС.203(62) [62] вступили в силу с 1 января 2013 г. Два основных требования:

- должны быть определены требуемый и достигнутый конструктивные коэффициенты эффективности (EEDI);
- должен иметься судовой план управления энергоэффективностью судна (SEEMP).

В конечном итоге показатель энергетической эффективности оценивает количество выбросов  ${\rm CO_2}$  в расчете на единицу произведенной продукции ( ${\rm TCO_2/T\cdot KM}$ ).

В дополнение к исследованиям, приведенным ранее, рассмотрим еще один способ снижения количества выбросов  $\mathrm{CO}_2$  за счет извлечения пиоксида углерода из отработавших газов, перевода его в твердую фазу — сухой лед, хранения и последующего использования. Система подготовки топлива СПГ к сжиганию в судовых двигателях требует его регазификации и подогрева за счет подвода теплоты. Предложения использовать систему регазификации СПГ для получения твердого диоксида углерода уже высказывались нами ранее [59]. Способом достижения цели — снижения выбросов  $\mathrm{CO}_2$  — является использование эксергии «холода СПГ» как своеобразного вторичного энергетического ресурса  $\mathrm{BЭP}_{\mathrm{res}}$ , имеющегося у сжиженного природного газа СПГ

при хранении на судне. Сопоставление температурных параметров по поверхности теплообмена любых теплообменных аппаратов систем охлаждения отработавших газов, содержащих  $\mathrm{CO}_2$ , в газовой фазе, и системы подготовки природного газа к подаче в двигатель (от криогенного состояния до температуры окружающей среды) показывает возможности осуществления ряда схем получения сухого льда — твердой фазы  $\mathrm{CO}_2$  (рис. 3.22). При этом возможно рассмотрение ряда аспектов.



Рис. 3.22. Изменение температур в элементах систем топливоподготовки СПГ и системах получения сухого льда

Первый аспект относится к способу снижения эмиссии парниковых разов с судов, работающих на сжиженном природном газе в качестве судового топлива, повышения энергетической эффективности работы судна за счет улавливания некоторого количества  $\mathrm{CO}_2$  из отработавших газов судовых двигателей и перевод  $\mathrm{CO}_2$  из газовой фазы в твердую, её хранения и последующего использования в береговых условиях или захоронение.

Второй аспект относится к способу использования физической эксергии «холода» хранящегося на судне сжиженного природного газа,

криогенные параметры которого требуют регазификации и подогрева природного газа в специальных теплообменных аппаратах перед введением в тепловой лвигатель.

Третий аспект относится к способу каптажа (извлечения)  ${\rm CO}_2$ , концентрации, последующей десублимации, прессованию и хранению.

Согласно четвертому аспекту настоящее предложение относится к установке для улавливания  ${\rm CO_2}$  из газа, содержащего  ${\rm CO_2}$ . Пятый аспект предложения относится к способу охлаждения до-

Пятый аспект предложения относится к способу охлаждения дополнительного количества  ${\rm CO_2}$ , извлекаемого полностью из отработавших газов судового двигателя. Поскольку эксергия «холода» СПИ может быть недостаточно для десублимации всего количества СО, в отработавших газах судового двигателя, дополнительное количество «холода» может быть получено за счёт использования вторичных энергетических ресурсов судового двигателя в утилизационной абсорбционной холодильной установке, которой может быть дополнена предлагаемая схема получения твердого диоксида углерода.

Шестой аспект предложения относится к способу использования полученного твердого диоксида углерода. Кроме традиционных возможностей использования сухой лед может быть применен для криобластинга — очистки поверхностей от загрязнений в условиях судоремонта.

В случаях длительного пребывания судна в условиях плавания и накопления сухого льда он может быть захоронен в глубине моря.

Парниковый эффект заставляет учёных, специализирующихся на защите окружающей среды, и политических деятелей всего мира решать проблему стабилизации и снижения выбросов в атмосферу  $CO_2$ , что может быть достигнуто, в том числе, и за счёт безопасного захоронения  $CO_2$ . Снижение выбросов  $CO_2$  с судов и перенос проблемы «на берег» не решает проблемы общего снижения выбросов. Твердый диоксид углерода имеет плотность  $\rho^{\text{тв}} = 1563\pm2~\text{кг/м}^3$  [63], что примерно в 1,5 раза выше, чем у воды, таким образом, наше предложение позволяет обеспечить его надежное захоронение в случае необходямости.

Седьмой аспект предложения относится к объектам получения твердого диоксида углерода за счет использования эксергии «холода» СПГ, к которым относят не только судовые энергетические установки, но любые энергетические объекты, использующие в качестве топлива сжиженный природный газ.

Все эти аспекты позволяют предложить три схемы уменьшения выбросов диоксида углерода с судов:

- охлаждение части отработавших газов продуктов сгорания СПГ без концентрации диоксида углерода для получения его твердой фазы — сухого льда;
- извлечение из продуктов сгорания природного газа бо́льшего количества  $\mathrm{CO}_2$  путем его концентрации и последующего получения его твердой фазы;
- извлечение (каптаж) из продуктов сгорания природного газа всего количества диоксида углерода, концентрации и последующего получения сухого льда с привлечением (в случае необходимости) дополнительного «холода» за счет использования вторичных энергетических ресурсов (ВЭР) двигателя в абсорбционной холодильной установке

Для выбора конкретной схемы следует сопоставить «возможности холода» при криогенном состоянии СПГ в системе топливоподготовки с «потребностями в холоде» для производства различного количества твердой фазы  $\mathrm{CO}_2$  — сухого льда, а в случае необходимости определить дополнительные возможности производства «холода», используя ВЭР двигателя.

Таким образом, снижение выбросов в атмосферу парниковых газов  $CO_2$  является чрезвычайно актуальной задачей, а получение сухого льда из отработавших газов судовых двигателей является одним из путей решения этой задачи. Полученный на судах сухой лед может быть использован для очистки поверхностей от загрязнений в условиях судоремонта в установках криобластинга. Плотность твердой фазы  $CO_2$  составляет по данным [63]  $\rho_{\rm max}^{\rm q} = 1563 \pm 2~{\rm kr/m}^3$ , что примерно в 1,5 раза выше плотности воды. Это позволит, в случае необходимости, топить сухой лед в воде.

6.2. Теоретические предпосылки и возможности

## Хладопотенциал криогенного топлива сжиженного природного газа

Под «возможностями холода» СПГ, которым бункеруется судно, будем понимать количество теплоты (и ее температурные характерисктий), которое необходимо подвести к природному газу в системе торливоподготовки от хранения топлива до его подачи в двигатель. Иоскольку природный газ более чем на 95 % состоит из метана (СН<sub>4</sub>), то свойства СПГ будем рассматривать как свойства метана.

Сжиженный природный газ может поступать и храниться на судне при криогенных параметрах [64] — [66] — температуре  $t_{xp} \approx -162$  °C, плотности  $\rho = 0,415$  кг/л (дизельное топливо — 0,86 кг/л), а иногда — при давлении примерно 0,6 МПа и соответствующей температуре ки-

пения. В зависимости от условий ввода природного газа в газодизеле система топливоподготовки должна предусматривать следующие величины давлений газа: случай внешнего смесеобразования — 0,2 — 0,4 МПа; внутреннее смесеобразования — 20 — 25 МПа; а для четырехтактных газодизелей требуемое давление газа не превышает 1,0 МПа [64]. Используя параметры хранения СПГ в криогенных емкостях и параметры подачи регазифицированного газа в газодизелях, а также опираясь на теплофизические свойства метана (поскольку природный газ более чем на 95 % состоит из метана), подсчитаем количество теплоты необходимой для подвода к СПГ с целью его регазификации и похогрева до температуры ввода газа в газодизельв расчете на 1 кг метана (СПГ).

Для изобарного процесса это количество теплоты вычисляется по формуле

$$|q| = i - i',$$
 (3.47)

где  $i_1'$  — энтальпия жидкого метана при температуре и давлении хранения в криогенной емкости;  $i_1$  — энтальпия перегретого пара (газовой фазы) — метана, подаваемого в газодизеле при соответствующем давлении.

В табл. 3.13 [64] приведены параметры метана при различных давлениях хранения жидкого метана и метана при температуре T = 275 K ( $t = 1.85 \, ^{\circ}\text{C}$ ) и  $T = 300 \, \text{K}$  ( $t = 26.85 \, ^{\circ}\text{C}$ ).

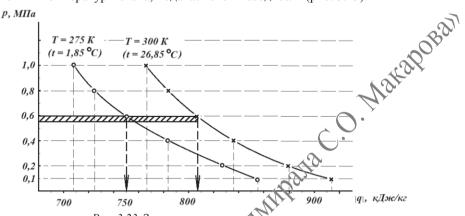
Таблица 3.13

Параметры жидкого и газообразного метана\*

	$r/ q _{_0}$	t, °C	<i>P</i> , бар	°C/K	<i>i′</i> , кДж/кг	<i>r</i> , кДж/кг	T=275K	T=300K	T=275K	T=300K
							$i_{_1},$ кДж/кг	$i_{_{1}},$ кДж/кг	$\left q\right _{_{0}}$ , кДж/кг	$\left q\right _{20},$ кДж/кг
	0,589	-123,85	7	$\frac{123,85}{149,3}$	857,1	417,3	1565,5	1622,0	708,4	764,9
S	0,593	-128,50	8	$\frac{-128,50}{144,64}$	839,4	431,9	1567,7	1624,0	728,3	784,6
	0,596	-1)34,32	6	$\frac{-134,32}{138,83}$	817,4	448,6	1570,0	1625,9	752,6	808,5
	0,598	-141,70	4	$\frac{-141,70}{131,45}$	789,6	467,9	1572,2	1627,9	782,6	838,3
	0,598	-152,58	2	-152,58 120,57	749,0	493,6	1574,7	1630,0	825,7	881,0
	0,596	-161,63	1	<u>-161,63</u> 111,52	716,3	511,8	1575,6	1630,8	859,3	914,5

i' — энтальпия кипящей жидкости; r — теплота парообразования; r/|q| — доля теплоты парообразования (регазификации) от общего количества теплоты, необходимой для подогрева газового топлива до подачи в двигатель.

Из анализа данных, приведенных в табл. 3.13, следует, что почти 60 % (59,6 и т. д.) теплоты, необходимой для подготовки метана для газодизеля, требуется только для регазификации при криогенных температурах (r/|q|). Построим график зависимости |q|=f(p) при двух значениях температур метана, подаваемого в газодизель (рис. 3.23).



*Рис. 3.23.* Зависимость количества теплоты, требуемой для регазификации метана от жидкого состояния до температуры подачи газа в газодизель при различных температурах и давлениях

Таким образом, для подготовки СПГ к сжиганию в тепловом двигателе необходимо количество теплоты  $q_{\rm CПГ}=750-800$  кДж/кг СПГ (при давлении газа 0.5-0.6 МПа и соответствующих температурах.

### «Потребности в холоде» для производства сухого льда

«Потребности в холоде» определим для двух вариантов:

- получение сухого льда твердой фазы диоксида углерода;
- охлаждение продуктов сгорания газового топлива с целью извлечения диоксида углерода.

Углекислый газ CO<sub>2</sub> в зависимости от температуры и давления может находиться в газообразной, жидкой и твердой фазах. Диаграмма фазового равновесия CO<sub>2</sub> представлена на рис. 3.24.

У Линии фазового равновесия делят всю область диаграммы на три части — области твердой, жидкой и газообразной фаз. В тройной точке в динамическом равновесии сосуществуют все три фазы. Переход из газообразной фазы в жидкую называется конденсацией, из жидкой в твердую — затвердевание, из газообразной в твердую — десублимация.



Традиционные схемы получения углекислоты ( ${\rm CO}_2$  — жидкость) из продуктов сгорания предусматривают выделение газообразной фазы  ${\rm CO}_2$  с последующей ее конденсацией. Точка A характеризует традиционные параметры хранения жидкой фазы — углекислоты (например, в баллонах при t=20 °C, p=5.8-6.0 МПа). В случаях получения газовой фазы  ${\rm CO}_2$  или твердой фазы — сухого льда углекислоту подвергают дросселированию — значительному снижению давления. Процесс сопровождается дроссель эффектом — снижением температуры [63]. В ряде случаев сухой дел получают «вымораживанием» сопровождаемым охлаждением газа и десублимацией.

Дополним фазовую диаграмму некоторыми характеристиками СО 2[63]:

```
Нормальная точка сублимации
                                                    p_{\rm HTC} = 101,3~{
m k\Pi a}~(1,033~{
m krc/cm^2};~760~{
m mm}~{
m pt.}~{
m ct.}) t_{\rm HTC} = -78,47 \pm 0,005~{
m ^{\circ}C}

давление сублимации

   температура сублимации
                                                    \rho_{\rm HTC}^{\rm \tiny TB}=1563\pm2~{\rm kg/m^3}

плотность твердой фазы

                                                   \rho''_{\text{htc}} = 2,825 \text{ kg/m}^3
   плотность газообразной фазы
                                                    i_{_{\text{TB}}} = 152,2 \text{ кДж/кг}
   энтальпия твердой фазы
                                                    r_{...} = 596,5 \text{ кДж/кг}
  скрытая теплота сублимации
Газ при p = 101,3 кПа и t = 0 °C
                                                    i_{0i}^{""} - i_{_{\mathrm{TB}}} = 635,06 \text{ кДж/кг};
удельная
                                                    (при p = 101,3 кПа и t = 20 °C);
холодопроизводительность
                                                    i_{0i}^{""} - i_{_{\text{TB}}} = 651,2 \text{ кДж/кг}; (q \overset{_{\text{TB}}}{\cong} i)
                                                    R = 0.1889 \text{ кДж/кг · K}

газовая постоянная
```

Количество теплоты, необходимой для охлаждения газообразного  $CO_2$  от стандартных физических условий (p=760 мм рт. ст., t=20 °C) до начала сублимации,

$$\Delta i = i_{_{20}} - r = 651,2 - 596,5 = 54,7$$
 кДж/кг  $\mathrm{CO_2} \approx 55$  кДж/кг  $\mathrm{CO_2}$ ,

а для производства 1 кг сухого льда необходимо 651,2 кДж теплоты (удельная холодопроизводительность — кДж/кг CO<sub>3</sub>).

Величина безразмерного конверсионного фактора  $C_{_F}$  [58], [64] по-казывает количество  $\mathrm{CO}_{_2}$  (кг), образовавшегося при сжигании 1 кг то плива (для СПГ  $C_{_F}$  = 2,75), поэтому, «потребности в холоде» (в расчете на 1 кг сгоревшего СПГ) для получения сухого льда из продуктов сгорания определится как произведение удельной холодопроизводительности на безразмерный конверсионный фактор  $C_{_F}$  и составит

$$q_{\mbox{\tiny CHIT}} = q_{\mbox{\tiny CO2}} \cdot C_{\mbox{\tiny F}} = 650 \cdot 2{,}75 = 1787{,}5$$
 кДж/кг. СПТ.

### Принципиальные схемы получения сухого льда за счет хладопотенциала сжиженного природного газа

Совмещенные характеристики процессов регазификации СПГ и подогрева природного газа для подачи его в газодизель и процессов получения сухого льда из газообразного диоксида углерода представлены на рис. 3.25. Для определения потребности в холоде» в процессе охлаждения отработавших газов для последующего извлечения и преобразования диоксида углерода определим количества воздуха, необходимого для сгорания от метана, и количества продуктов сгорания, получаемых при этом.

Рассмотрим стехиометрические соотношения при сгорании метана:

$$\label{eq:CH4} CH_4 + 2O_2 = CO_2 + 2H_2O;$$
 1 моль  $CH_4 + 2$ моля  $O_2 = 1$  моль  $CO_2 + 2$  моля  $H_2O;$  16 кг  $CH_4 + 32$  кг  $O_2 = 44$  кг  $CO_2 + 36$  кг  $H_2O;$  1 кг  $CH_4 + 2$  кг  $O_2 = 2,75$  кг  $CO_2 + 2,25$  кг  $H_2O.$ 

При пересчете на 1 кг воздуха получим

$$1~{\rm kr~CH}_4 + 2/0,\!23~{\rm kr}$$
 воздуха = 2,75 кг CO  $_2 + 2,\!25~{\rm kr~H}_2{\rm O} + 2/(1-0,\!23)~{\rm kr~N}_2$ 

или

1 кг СН 
$$_{_4}$$
 + 8,7 кг воздуха = 2,75 кг СО  $_{_2}$  + 2,25 кг Н  $_{_2}$  О + 2,6 кг N  $_{_2}$ 

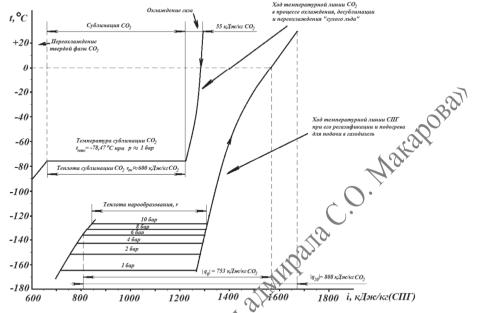


Рис. 3.25. Характеристики теопературного напора в процессах регазификации СТК и получение сухого льда (линия охлаждения диоксила углерода условно сдвинута по оси энтальпий от начала оси координат)

Таким образом, теоретически для сжигания 1 кг метана необходимо иметь 2 кг O. Поскольку массовая доля O в воздухе составляет приблизительно 23 % (по массе), то для сжигания 1 кг метана потребуется около 8,7 кг воздуха. В действительности в тепловых двигателях воздух полается с избытком, учитываемым коэффициентом избытка воздуха ( $\alpha$ ),  $L_{\text{действ}} = \alpha \cdot L_{\text{теор}}$ . В действительности, в тепловых двигателях воздух подается с избытком, учитываемым коэффициентом избытка воздух подается с избытком, учитываемым коэффициентом избытка воздуха ( $\alpha$ ),  $L_{\text{действ}} = \alpha \cdot L_{\text{теор}}$ . Принимая  $\alpha = 1, 1 \div 1, 9$  — от условий сгорания природного газа в котлах до сгорания в дизелях — определим  $L_{\text{теор}} \approx 10 \div 17$  кг воздуха/кг метана.

Действительное количество продуктов сгорания 1 кг метана определится по формуле

$$L_{\text{действ}}^{\text{прод. crop}} = \frac{44}{16} \text{кгCO}_2 + \frac{36}{16} \text{кгH}_2\text{O} + \frac{2}{0.77} \text{N}_2 + (\alpha - 1) L_{\text{действ}}^{\text{возд}} \text{ кг/кг метана, (3.48)}$$

где  $(\alpha - 1)L_{\text{пейств}}^{\text{прод.crop}}$  — неучаствовавшее в горении количество избыточного воздуха.

Таким образом, можно подсчитать количество продуктов сгорания и их процентный состав в расчете на 1 кг метана

$$L_{\text{действ}}^{\text{прод.сгор}} = 2,75 \,\text{кгCO}_2 + 2,25 \,\text{кгH}_2 \text{O} + 2,51 \text{N}_2 + (0,1 \div 0,9)(10 \div 17)$$

$$\approx 7,5 + (1 \div 15)$$
 кг/кг метана. (3.49)  $O_2$  в в продуктах сгорания составит  $O_3$   $O_4$   $O_5$   $O_5$   $O_6$   $O_6$   $O_7$   $O_8$   $O_8$   $O_9$   $O_9$ 

Массовая доля СО, в в продуктах сгорания составит

$$\frac{L_{\text{CO}_2}}{L_{\text{действ}}^{\text{прод, стор}}} \cdot 100\% \cong \frac{2,75}{(8 \div 26)} \cdot 100\% = (34 \div 10,5)\%.$$

Зная массовые доли компонентов смеси газов, можно вычислить их объемные доли и определить парциальные давления.

«Потребность в холоде» для охлаждения продуктов сгорания от температуры  $t_1 \approx 250$  °C (после различных использований ВЭР  $_{\scriptscriptstyle {\rm ras}}$ для когенерации и тригенерации) до температуры десублимации

для когенерации и тригенерации) до температуры десуолимации 
$$\mathrm{CO}_2 t_2 = -78,47$$
 °C рассчитывается по формуле 
$$q^{\mathrm{пр.crop}} = L_{\mathrm{мейств}}^{\mathrm{пр.crop}} c_p(t_2 - t_1) = (8 - 26) \cdot 1 \cdot (250 + 78,47) \approx \\ \approx (2600 - 8580) \ \mathrm{k.Jm/kr} \ \mathrm{C\Pi\Gamma}. \tag{3.51}$$
 При организации охлаждения отработавших газов до температуры

окружающей среды ( $t \approx 21.5$  °C), например, осуществления «мокрого выхлопа» водой потребности в «холоде» охлаждением до температуры десублимации существенно снизятся:

$$q^{\text{пр.сгор}} = (8 - 26) \cdot 1 \cdot (21, 5 + 78,47) \approx (800 - 2600), кДж/кг СПГ. (3.52)$$

«Потребности в холоде» снижаются не только за счет уменьшения перепада температур, но и за счет поглощения из них паров воды осушения продуктов сгорания. Для сопоставления «возможностей» и «потребности в холоде» для получения сухого льда составим тепловые балансы для нескольких схем.

). Охлаждение части отработавших газов с «вымораживанием»  $CO_2$  (пр.стор действ p  $CO_2$ 

$$q^{\text{np.crop}} = L \quad c \quad \Delta t + r \quad L \quad g, \tag{3.53}$$

где  $q^{\text{пр.стор}}$  — количество теплоты, необходимой для охлаждения продуктов сгорания, кДж/кг СПГ;  $r_{\text{CO}_2}$  — теплота сублимации диоксида углерода, кДж/кг СО ;  $L_{\text{действ}}^{\text{пр. crop}}$  ,  $L_{\text{CO}_2}$  — действительное количество продуктов сгорания и количество СО, (кг) в расчете на сгорание 1 кг метана, кг/кг

СПГ; c — массовая изобарная теплоемкость продуктов сгорания, кДж/ кг-К; g—массовая доля продуктов сгорания, подвергаемая охлаждению с целью получения сухого льда;  $\Delta t$  — температурный напор между температурой продуктов сгорания и температурой десублимации СО,

Из последней формулы может быть вычислена доля продуктов сгорания, подвергаемая охлаждению с целью получения сухого льда без использования каких-либо схем концентрации СО, и без охлаждения остальных компонентов продуктов сгорания.

2. Извлечение (каптаж) и концентрация  ${
m CO}_2$  из части отработавших газов с последующим получением сухого льда

$$q_{\text{CIII}} = q_{\text{CO}} \cdot C_F \cdot g, \tag{3.54}$$

где  $q_{\rm CHF}$  — «возможности холода» СПГ, кДж/кг СПГ;  $q_{\rm GO_2}$  — удельная холодопроизводительность  ${\rm CO}_2$ , кДж/кг  ${\rm CO}_2$ ;  $C_{_F}$  — безразмерный конверсионный фактор, кг  ${\rm CO_2}$ /кг СПГ; g — массовая доли продуктов сгорания, подвергаемая каптажу.

3. Извлечение (каптаж) и концентрация СО из всего количества отработавших газов с последующим получением сухого льда не только за счет хладопотенциала СПГ, но и с привлечением «холода» от ВЭР двигателя в условиях тригенерации. В этом случае тепловой баланс определится как

$$q_{\text{CIII}} + q_{\text{Bol}}^{\text{pure-col}} = C_F g_{\text{CO}}, \tag{3.55}$$

 $q_{\rm CIII} + q_{\rm B3D}^{\rm тригенер} = C_{_F} g_{_{\rm CO_2}}, \tag{3.55}$  где  $q_{_{\rm B3P}}^{\rm тригенер}$ —удельное (на 1 кг СПГ) количество «холода», получаемого за счето подъзования Воргатепловых двигателей в схемах абсорбционных установ установ станов станов схемах абсорбционных установ станов с

4. Охлаждение большей части отработавших газов с «вымораживанием» СО, и дополнительным привлечением к «потенциалу холода» тригенерации ВЭР двигателя

$$q + q^{\text{TPMTeHep}} = L_{\text{WARD}}^{\text{regree}} c \Delta t + r L g.$$
(3.56)

ак известно, в реальных процессах «возможности» оказываотся меньше, а «потребности» выше, чем для идеальных процессов. Эти факторы могут быть учтены введением специального коэффициента использования  $\xi = 0.7 - 0.9$  (отношение «возможностей» к «потребностям»). Сопоставление потенциала «холода» СПГ (возможности) с потребностями в «холоде» для получения сухого льда показывает нецелесообразность полного извлечения СО, из отработавших газов теплового двигателя судна.

Так для получения 1 кг твердого  ${\rm CO_2}$  (без переохлаждения) необходимо приблизительно 650 кДж «холода», а для получения твердого  ${\rm CO_2}$  в количестве 2,75 кг (равное  ${\rm C_p}$ ) требуется  $q_{{\rm CO_2}}$  = 650 · 2,75 = 1787,5 кДж «холода», и соотношение «возможностей» и «потребностей» составит

$$\xi = \frac{q_{\text{CHI}}}{q_{\text{CO}_3}} = \frac{750 \div 800}{1785,7} = 0,4 \div 0,44,\tag{3.57}$$

следовательно, «возможности» топливоподготовки СПГ в расчете на 1 кг топлива (СПГ) позволяет десублимировать лишь приблизительно треть произведенного при этом диоксида углерода (схема 2).

В том случае, если снижение выбросов парниковых газов (СО, менее чем на одну треть окажется достаточным, то целесообразно вепользовать первую предлагаемую схему охлаждения части отработавших газов судовой системы использования СПГ как судового топлива для получения сухого льда. При этом упрощаются требования к элементам системы, ответственным за отделение  $\mathrm{CO}_2$  из отработавших газов и концентрации  $\mathrm{CO}_2$ .

Доля продуктов сгорания, отводимых для «вымораживания», в условиях «мокрого выхлопа» и их осущения составит

$$g = \frac{q_{\text{CIII}}}{L_{\text{TERTIFF}} c_p \Delta t - r_{\text{CO}_2} L_{\text{CO}_2}} = \frac{750 \div 800}{(8 \div 26) \cdot 1 \cdot 100 \cdot 596, 5 \cdot 2,75} = 0,18 \div 0,33. \quad (3.58)$$

В том случае, когда оказывается необходимым более существенно снизить выбросы парниковых газов  $({\rm CO_2})$ , следует добавить в предлагаемую схему элементы глубокой утилизации теплоты (тригенерация) — получение «холода» с помощью использования вторичных энергетических ресурсов теплового двигателя в абсорбционных холодильных установках (схемы 3, 4) и схему концентрации  ${\rm CO_2}$ .

Таким образом, анализ теоретических предпосылок и реальных возможностей позволяет рекомендовать следующие схемы судовой установки для получения твердого диоксида углерода в условиях работы судна на сжиженном природном газе (СПГ):

охлаждение части отработавших газов судового двигателя с цепью десублимации («вымораживание») СО<sub>2</sub> (превращения его в сухой мед) и направления очищенного от СО<sub>2</sub> охлажденного газа на нужды кондиционирования или замещения холодильных установок провизионных камер (наиболее простая схема);

-для извлечения бо́льшего количества  $\mathrm{CO}_2$  предлагается схема его каптажа, концентрации и использования эксергии «холода СПГ» только на получение сухого льда;

- в целях полного извлечения  $\mathrm{CO}_2$  из отработавших газов двигателя предлагается дополнить предыдущую схему производством «холода» за счет использования вторичных энергетических ресурсов судового двигателя в утилизационной абсорбционной холодильной установке и компенсировать недостатки в «холоде СПГ», используя низкотемпературный (криогенный) потенциал последнего для производства твердого диоксида углерода;
- охлаждение бо́льшего количества отработавших газов с «вымораживанием» (без каптажа)  $\mathrm{CO}_2$  и дополнительного привлечения к поттенциалу «холода» СПГ и «холода» тригенерации ВЭР двигателя

#### Описание предлагаемых схем

На рис. 3.26 представлена схема обработки части отработавших газов двигателя внутреннего сгорания с целью извлечения из них диоксида углерода с использованием «холода» СПГ.

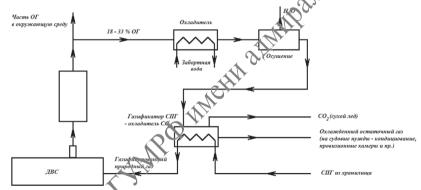


Рис 3.26. Схема охлаждения части ОГ двигателя

Часть продуктов сгорания (18-33%) направляется в теплообменный аппарат, где охлаждается забортной водой, затем газы направляются в осущитель с целью отделения водяных паров. Осущенные продукты скорания направляются в газификатор, куда одновременно подводится СПГ с целью его подготовки к сжиганию в двигателе. В результате отвода теплоты от продуктов сгорания происходит изменение агрегатного состояния СПГ (газификация) и десублимация  ${\rm CO_2}$ , в результате которой он переходит в твердую фазу. Оставшиеся охлажденные продукты сгорания, имеющие более низкие значения температур фазовых переходов, направляются на судовые нужды.

Вторая схема представлена на рис. 3.27. Она позволяет обеспечить извлечения бо́льшего количества  $\mathrm{CO}_2$  предлагается схема его каптажа, концентрации и использования эксергии «холода СПГ» только на получение сухого льда.

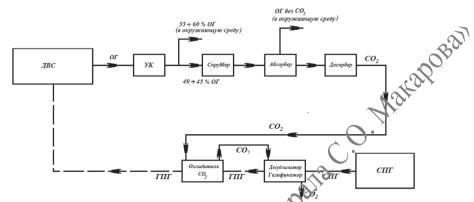
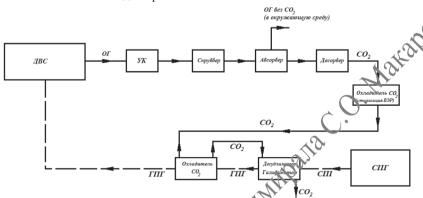


Рис. 3.27. Схема концентрации СО, с последующей десублимацией

Реализация данной схемы обеспечивает использование ВЭР отработавших газов в утилизационном когле (УК) с одновременным снижением их температуры. Дальнейцее охлаждение отработавших газов и их очистка производится в скруббере, откуда газы поступают в абсорбер, где происходит поглощение СО<sub>2</sub> абсорбентом. Очищенные от диоксида углерода продукты сгорания выбрасываются в атмосферу. Смесь абсорбента и СО<sub>2</sub> направляется в десорбер, где происходит ее разделение — диоксид углерода направляется на дальнейшую обработку, а абсорбент возвращается в абсорбер. Диоксид углерода направляется в промежуточный охладитель, где отдает свою теплоту газифицированному СПГ, обеспечивая его подготовку к сжиганию в тепловом двигателе. После охлаждения СО<sub>2</sub> направляется в десублиматор, где хладопотенциал СПГ используется в процессе перевода углекислоты в твердое состояние.

На рис. 3.28 представлена схема, дополняющая предыдущую схему производством «холода» за счет использования вторичных энергетических ресурсов судового двигателя в утилизационной абсорбционной холодильной установке и компенсирующая недостающее количество «холода СПГ», используя низкотемпературный (криогенный) потенциал последнего для производства твердого диоксида углерода, что обеспечивает более полное отделение СО<sub>2</sub>. По сравнению с преды-

дущей, данная схема дополнена охладителем  ${\rm CO_2}$ , в качестве которого используется испаритель утилизационной абсорбционной холодильной установки, использующей ВЭР отработавших газов либо охлаждающей воды. Это дает возможность значительно понизить температуру диоксида углерода, выходящего из десорбера, и повысить эффективность использования «холода» криогенного теплоносителя — СПГ.



 $Puc.\ 3.28.\$ Технологическая схема концентрации  ${\rm CO}_2$  с последующей десублимацией с использованием ВЭР

Реализация четвертой схемы «вымораживание» CO<sub>2</sub> из отработавших газов представлена на рис. 3.29.

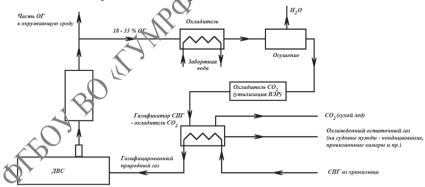


Рис. 3.29. Технологическая схема с «вымораживанием» CO<sub>2</sub> с использованием ВЭР

Представленная схема предусматривает многоступенчатое охлаждение отработавших газов:

- в утилизационном котле (использование ВЭР для получения тепловой энергии):
  - охлаждение отработавших газов;
  - осущение отработавших газов:
- охлаждение отработавших газов с использованием «холода», вырабатываемого абсорбционными холодильными установками, использующими ВЭР теплового двигателя;
- рованного СПГ.

маного СПГ. На этом этапе одновременно производится подготовка СПГ с сжито в двигателе. При этом происходит «вымораживание» (десумород из смеси газов (азот, кислород писмород в различия их физиче ганию в двигателе. При этом происходит «вымораживание» (десублумация) СО, из смеси газов (азот, кислород, диоксид углерода и пр.) вследствие различия их физических свойств, поскольку процессы изменения агрегатного состояния остальных компонентов смеси происходят при более низких температурах. Охлажденные газы могут направляться на судовые нужды либо выбрасываться в атмосферу (очищенные от СО<sub>2</sub>).

## 3.6.3. Традиционные схемы получения СО вымораживанием из дымовых газов

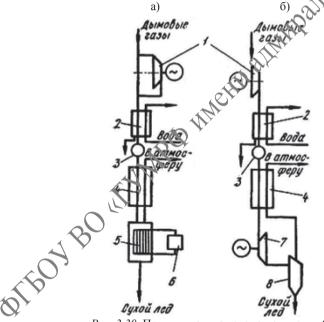
Рассмотрим две схемы вымораживания, представленные в [58]:

- на охлаждаемой поверхности;
- в потоке газовой смеси.

Сущность процесса вымораживания диоксида углерода из газовой смеси на охлаждаемой поверхности заключается в охлаждении газовой смеси до температуры равновесия между твердой и газообразной фазами (при данном парциальном давлении СО,), при которой СО, переходит в твердое состояние и выделяется на поверхности. До тех пор, пока температура поверхности ниже температуры насыщения СО,, кристаллы СО продолжают осаждаться на слое инея, в результате чего увеличивается его толщина. По мере вымерзания части СО, из газовой смеси его парциальное давление в смеси уменьшается, что приводит понижению температуры насыщения СО<sub>2</sub>. Одновременно увеличивается термическое сопротивление слоя твердого СО, нарастающего на поверхности. При неизменной температуре источника холода, охлаждающего поверхность, в процессе вымораживания наступает момент, когда температура поверхности становится недостаточно низкой для его продолжения, цикл вымораживания заканчивается. Чтобы продолжить процесс вымораживания, необходимо освободить охлаждающую поверхность от слоя твердого СО, и повторить весь цикл сначала. Поэтому для непрерывного производства СО, вымораживанием устанавливают несколько переключающихся вымораживателей, последовательно включаемых в циклы работы — опорожнение.

На рис. 3.30, *а* условно изображена установка с одним вымораживателем, работа которой осуществляется следующим образом. Дымовые газы после промывки в скрубберах (на схеме не показаны) и очистки направляются в вымораживатель.

Предварительно дымовые газы охлаждаются сначала в водяном холодильнике, а затем после освобождения от водяных паров в осущителе — в регенеративном теплообменнике обратным потоком газовой смеси, уходящей из вымораживателя. В вымораживателе на холодной поверхности труб, внутри которых циркулирует хладагент от холодильной установки, из газовой смеси выпадает кристаллический диоксид углерода. Газовая смесь из вымораживателя через регенеративный теплообменник сбрасывается в атмосферу, а вымороженный диоксид углерода по окончании цикла извлекается из вымораживателя.



*Puc. 3.30.* Принципиальная схема получения  ${\rm CO_2}$  вымораживанием из дымовых газов:

a — на поверхности;  $\delta$  — в потоке расширяющегося газа; I — компрессор; 2 — холодильник; 3 — осушитель; 4 — регенератор; 5 — вымораживатель; 6 — холодильная установка; 7 — детандер; 8 — сепаратор

Степень извлечения диоксида углерода из газовой смеси зависит от начального содержания СО, в смеси, а также от характеристики служебной холодильной установки.

В табл. 3.14 показана зависимость температуры вымораживания от содержания СО, в дымовых газах [63]. Таким образом, для того чтобы из газовой смеси выморозить СО, например до содержания 7%, необходимо иметь хладагент, температура которого –112 °C. а до 3 % – температура которого –118 °C. Для этого необходимо применять специальные низкотемпературные холодильные машины.

Зависимость температуры вымораживания от содержания СО, в дымовых газах при атмосферном давлении и температуре хладагента

				_		
Показатели	Содержание СО <sub>2</sub> , % по объему					
Показатели	20	13	<b>40</b>	7	3	
Парциальное давление СО <sub>2</sub> ,		,	97,			
кПа, мм рт. ст.	-97,2	13	10	7	3	
	_	99	76	53	23	
Температура вымораживания CO <sub>2</sub> , °C	-102,2	101,2	-102,9	-107,3	-113	
Температура хладагента °С	-102,2	-106,2	-107,2	-112,3	-118	

Процесс вымораживания можно осуществлять и при более высокой температуре путем повышения парциального давления в газовой смеси и соответственно температуры насыщения. Для этого перед вымораживанием газовую смесь сжимают в компрессоре. Расход электроэнергии на процесс вымораживания СО, на охлаждаемой поверхности N (кВт·ч/кг) можно определить по выражению

$$N = \frac{N_1 + N_2}{g_{CO} \, \eta},\tag{3.59}$$

 $N = \frac{N_1 + N_2}{g_{\text{CO}_2} \eta}, \tag{3.59}$  где  $N_1 N_2$  — адиабатические мощности соответственно холодильной машины, обслуживающей вымораживатель, и компрессора, сжимающего газ смесь, кВт.

Сущность процесса вымораживания диоксида углерода из газовой емеси в потоке заключается в том, что предварительно сжатую газовую смесь подвергают расширению, в результате чего понижается температура смеси. При этом диоксид углерода, держащийся в газовой смеси, охлаждается до состояния насыщения и превращается в кристаллы, взвешенные в потоке газа низкого давления. Принципиальная схема установки для осуществления так процесса дана на рис. 3.30, б.

Так же как и в установке вымораживания  $\mathrm{CO}_2$  на охлаждаемой поверхности, газовая смесь после промывки и очистки от механических примесей сжимается в компрессоре, охлаждается в холодильнике водой и в регенеративном теплообменнике обратным газовым потоком, а затем поступает в детандер, в котором расширяется и соответственно охлаждается температуры насыщения твердого  $\mathrm{CO}_2$ , При этом появляются кристаллы диоксида углерода. После детандера смесь газа и кристаллов  $\mathrm{CO}_2$  направляется в сепаратор, где кристаллы сухого льда задерживаются, а газовая смесь через регенеративный теплообменник сбрасывается в атмосферу. При необходимости снегообразную массу прессутот. С этой целью используется шнековый прессователь. Степень извлечения  $\mathrm{CO}_2$  из газовой смеси составляла 10-15%. Кристаллы твердого диоксида углерода отделялись от потока в сепараторе при снижении скорости его движения до 1-0.5 м/с. Расход электроэнергии на процесс в среднем составлял 1000 кВт·ч на 1 т сухого льда.

Таким образом, анализ традиционных способов отделения  ${\rm CO}_2$  и получение его твердой фазы показал необходимость использования серьезной компрессорной техники и низкотеми ратурной холодильной техники, а также устройств по концентрации диоксида углерода.

Предлагаемые нами инновационные решения использования криогенного потенциала СПГ из части отработавших газов (по схемам 1 и 4) «потенциал холода» СПГ позволяех существенно упростить традиционные технологии получения сухого льда. При непосредственном вымораживании СО2 из части отработавших газов «потенциал холода» СПГ исключает необходимость в низкотемпературной холодильной технике и устройствах для концентрации диоксида углерода. Осуществление схем 2 и 3 получения сухого льда по технологии десублимации концентрированного СО3 а счет «потенциала холода» СПГ в отличие от традиционных технологий компримирования газовой фазы СО2, получение жидкой фазы и последующего дросселирования устраняет потребность в серьезной компрессорной технике и емкостях для жидкой углекислоты. Существенным лишь остается выбор схемы и соответствующего оборудования для концентрации СО2 из отработавших газов.

3.6.4. Оценка влияния предлагаемых инновационных решений на величину индекса энергоэффективности в соответствии с требованиями ИМО

В соответствии с требованиями ИМО [58], [64] для оценки энергетической эффективности судов утверждены специальные показатели EEDI, сущность которых определяется количеством выбросов диоксида

углерода на единицу продукции, производимой судном. Нормативы показателя EEDI предполагается установить для некоторых типов вновь строящихся судов, а показателя ЕЕОІ для эксплуатируемых судов учитывать в плане SEEMP для каждого судна.

Основным принципом оценки технико-экономической целесообразности применения любого из предлагаемых методов снижения выбросов с судов парникового газа СО, является соотношение между «Затратами» и «результатами». «Затраты» включают, в основном, стоимость дополнительного оборудования, позволяющего уменьшить вы бросы СО, и оценить их возможно лишь при конкретном рассмотренти каждого проекта. Они практически единовременны и составляют не чительную добавку к стоимости судна. «Результаты» же проявляются во время всего периода эксплуатации судна.

В данном случае может быть реализована новая концепция взаимоотношений — энергосберегающий перформанс-контракт — превращение будущей экономии энергии в сегодняшние капиталовложения. «Результаты» количественно можно измерить, до крайней мере, по четырем следующим направлениям:

- снижение экологического ущерба;
- ликвидация «упущенной выгоды», (или снижение штрафных санкций) при допуске в зоны с ужесточенными экологическими требованиями:
- снижение эксплуатационных затрат при переходе к работе на более дешевое топливо, например, на сжиженный природный газ;
- выручка от продажи готового продукта, получаемого вследствие реализации какого-либо предложения (например, сухого льда — твердой фазы диоксида углерода).

Стоимость снижения экологического ущерба можно оценить по стоимости покупки квоты при превышении ее величины, установленной для судов в соответствии с Киотским протоколом. Эта величина составляет €2,7 – 3 за 1 т СО, (апрель 2013 г.) [65]. Если оценить ликвидацию уупущенной выгоды» чрезвычайно сложно, то снижение эксплуата понных затрат на топливо можно получить сопоставлением цен на различные нефтяные и альтернативные топлива, например:

- мазут 40 9300 14000 руб./т;
- мазуты флотские  $\Phi$ -5,  $\Phi$ -12 9000 20000 руб./т;
- мазут флотский, вид A 7200 руб./т; мазут флотский, вид  $\Gamma$  7800 руб./т;
- дизельное топливо 16600 34500 руб./т;
- СПГ 8000 15500 руб./т.

Одним из способов снижения выбросов с судов диоксида углерода  $CO_2$  является превращение его в твердую фазу — сухой лед — и последующее использование или захоронение. Цена диоксида углерода высшего сорта зависит от состояния и формы, в которой он находится. Так по исследованиям [67], углекислота в баллонах намного дороже, чем в изотермических цистернах, цена гранулированного сухого льда (для криобластинга) из-за дефицитности значительно превышает цену на сухой лед в брикетах. В табл. 3.15 отражены итоги исследования российского рынка [68] – [70].

**Цены на диоксид углерода в России** 

дены на дноменд утверода в госени						
	Жидкая углекислота сорта	а высшего	Сухой лед			
Цена, руб./т	Низкотемпературная (в цистернах) высокого давления	в баллонах 40 л	в брикетах	гранули- рованный		
Минимальная	2080	11000	20000	16000		
Максимальная	7500	20000	60000	100000		
Средняя	4190	16500	40000	58000		

Таким образом, каждое из предлагаемых решений улучшает показатели энергетической эффективности судов не только за счет снижения количества расходуемого топлива (и, следовательно, уменьшения выбросов СО2), но и за суст превращения диоксида углерода в сухой лед, оказывается экономически эффективным.

## Выводы по разделу 3

Для (водного транспорта и его инфраструктуры прогнозируется значительное увеличение строительства морских и речных судов транспортного, пассажирского и вспомогательного флота, развитие Северного морского пути и инфраструктуры арктических портов, дальнейшее развитие и техническое перевооружение многих морских и речных портов — особенно в пунктах взаимодействия различных видов транспорта, комплексная реконструкция гидротехнических сооружений многого другого.

Требования государственного регулирования водного транспорта подтверждает необходимость создания эффектной системы управления, в том числе управления качеством использования энергии, регулирование уровня удельных транспортных издержек в цене конкрет-

ного продукта, разработки отраслевых дорожных карт по повышению эффективности энергосбережения.

Исследование практики проведения энергетических обследований на ряде конкретных типовых объектов водного транспорта показало, что достаточно дорогостоящие обследования вынужденно носят формальный характер ввиду невозможности учета специфики деятельности и энергопотребления объектов, что не позволяет выявить места неэффективного использования энергии и сформулировать работоспособную программу энергосбережения.

Возможность адаптации типовых форм отчета по проведению энергетического исследования к специфике водного транспорта оказалась достаточно слабой, поэтому нами была сделана попытка создания специальной Методики определения показателей энергетической эффективности объектов инфраструктуры морского и речного транспорта, отражающей отраслевую специфику как водных путей и гидросооружений, так и портов и транспортных терминалов.

Программы мероприятий повышения энергетической эффективности, рекомендуемые энергоаудиторами, включают типовые мероприятия и слабо отражают специфику водного транспорта. Нами были разработаны Реестры мероприятий по энергосбережению как для портов и транспортных терминалов, так и для государственных бассейновых управлений водных путей и судоходства. Установлена необходимость доработки и утверждения как Методики определения показателей энергетической эффективности для объектов инфраструктуры водного транспорта, так и Методики энергетических обследований, составление дополнительных форм энергетических паспортов и Программ повышения энергетической эффективности, учитывающих специфику функционирования объектов.

Произведено описание части технического потенциала энергосбережения— вторичных энергетических ресурсов, теплонасосных технологий, систем инфракрасного отопления и пр. Приводится анализ лучших мировых практик энергосбережения на водном транспорте.

Подробно рассмотрен один из путей решения энергоэкологической проблемы — снижение выбросов диоксида углерода установками, работающими на сжиженном природном газе в качестве моторного топлива, за счёт использования хладопотенциала этого криогенного топлива для получения «сухого льда» — твердой фазы  $\mathrm{CO}_2$ . Предлагается ряд схем получения «сухого льда» и путей его использования.

#### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Транспорт является важнейшим потребителем наиболее качественных видов жидкого топлива и электроэнергии, а рациональное использование энергии является проблемой требующей учёта специфических особенностей работы его объектов.

В монографии на основе анализа государственной стратегии развития водного транспорта изложены современная концепция, основные понятия и принципы эффективного использования топливно-энергетических ресурсов; рассмотрены механизмы и способы энергосбережения, состояние и перспективы энергосбережения на водном транспорте.

Монография представляет собой попытку изложения в едином плане теоретических основ и практических механизмов энергосбережения, расшифровки самого понятия энергосбережения как механизма повышения энергетической эффективности производства товаров и услуг, как инструмента, повышающего энергетическую безопасность, заметно влияющего на экономическую безопасность транспорта — и на транспортную безопасность государства. Повышение энергетической эффективности водного транспорта может быть постигнуто не столько за счёт внедрения новой техники и технологий, а большей частью, за счёт изменений в способах управления использованием энергии, т. е. за счёт организации систем энергетического менеджмента. Применительно к водному транспорту, его различным объектам настоящая монография является новой поцеткой обобщения задач, стоящих перед ними в части повышения их энергетической эффективности.

Так, в разд. 1 рассматриваются особенности государственной энергетической стратегии Российской Федерации, Федеральные Законы и Федеральная целевая программа в области энергосбережения, потенциалы и показатели эффективности использования энергии. Излагается концепция предельно эффективных и реально достижимых инноваций как основы для выбора технической политики в области технологии токравоиспользования. Разделение инновационных мероприятий на нетехнологические и технологические позволяет обосновать целесообразность организации создания систем энергетического менеджмента на водном транспорте и разработки документов её нормативно-правовой базы — «энергоруководств». Перерастание энергетической проблемы в энергоэкологическую (вследствие роста выбросов парниковых газов) требует комплексного подхода к выбору критериев энергосбережения.

Анализ географических и климатических условий расположения и функционирования различных объектов водного транспорта показал широчайшее их разнообразие, необходимость строить инфраструктуру, существенно отличающуюся от инфраструктуры других видов транспорта. Укрупнено инфраструктуру водного транспорта можно разделить на обособленные группы: водные пути и сооружения, порты и транспортные терминалы, судоремонтные базы и заводы.

Анализ структуры технологического потребления топливно-энергетических ресурсов объектов инфраструктуры показал, что наиболее существенными является затраты на дизельное топливо, мазут и электроэнергию. Показатели работы различных объектов водного транспорта и его инфраструктуры существенно различаются, поэтому показатели энергетической эффективности объектов оказываются подчас несопоставимыми между собой. Необходима дополнительная разработка и утверждение методик, согласующих энергетического и экологическую эффективность инфраструктурных объектов водного транспорта с соответствующими показателями объектов основного транспортного процесса.

Выявлена необходимость разработки и утверждения правил и стандартов проведения энергетических обследований (расчета не только показателей энергетической эффективности, но и формирования состава энергетического паспорта, Программы мероприятий по энергосбережению), отражающих специфические особенности продукции и энергопотребления для предприятий и организаций водного транспорта. Возможности адаптации типовых форм энергетического паспорта и Программы типовых мероприятий по энергосбережению к специфике водного транспорта, выявленные по результатам практики проведения энергетических обследований ряда типовых объектов водного транспорта, оказались достаточно слабыми.

Предложенные нами Методики определения показателей энергетической эффективности и Реестра типовых мероприятий по энергосбережению для объектов водного транспорта требуют доработки и утверждения. Прогнозы развития водного транспорта и его инфрактруктуры, требования государственного регулирования деятельности его объектами подтверждают необходимость создания эффективной системы управления, в том числе управление качеством использования энергии, регулирования уровня удельных транспортных издержек в цене конкретного продукта, разработки отраслевых дорожных карт по повышению эффективности энергосбережения.

Рассмотрен один из вариантов решения энергоэкологической проблемы — снижение выбросов парникового газа — диоксида углерода установками, работающими на сжиженном природном газе СПГ в качестве моторного топлива, за счет использования хладопотенциала этого криогенного топлива для получения «сухого льда» — твердой фазы  ${\rm CO}_2$ . предложен ряд схем получения «сухого льда» и путей его использования.

Однако реализацией отдельных мероприятий по энергосбережению конечную цель — повышение энергетической эффективности и уменьшение энергоемкости на 40 % по сравнению с 2007 г. [13] [9] — достичь невозможно. Основным направлением достижения поставленной цели, по нашему мнению, является построение отраслевой системы энергетического менеджмента.

За время подготовки монографии к изданию был опубликован ряд документов, уточняющих требования к различным сторонам проблемы обеспечения повышения энергетической эффективности. Это и новые приказы Минэнерго в части установления требований к проведению и результатам энергетических обследований, расчету целевых показателей энергоэффективности, а также приказы Федеральной службы по тарифам. Были опубликованы статьи, в том числе и авторов монографии, уточняющие отдельные вопросы повышения энергетической эффективности и проч., не нашедшие отражения в настоящем издании.

Кризисные явления последнего времени не уменьшили актуальности рассматриваемой проблемы обеспечения энергоэкологической эффективности, но липы обострили её. Широта затронутых в книге вопросов была нацелена на обеспечение наибольшего охвата освещения проблемы и понимания её специфики для водного транспорта.

Авторы рассчитывают, что их работа окажется полезной как для подготовки опециалистов в области повышения энергоэкологической эффективности водного транспорта, так и для практических работников

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. Ерофеев В. Л. Основы энергосбережения. Энергетическая эффективность водного транспорта: монография / В. Л. Ерофеев. В. В. Маркин. — СПб.: Судостроение. 2006. — 220 с.
- Е. В. Ерофеева. СПб.: Изд-во СПГУВК, 2005. 110 с.
- 3. Клименко, Т. А Андрейченко [и др.]. М · 132-— 215 с А. В. Клименко. Т. А Андрейченко [и др.]. — М.: Изд-во 1997. — 215 c.
- 4. Кара-Мурза С. Г. Идеология и мать её наука. Серия: Тропы практического разума / С. Г. Кара-Мурза. — М.: Алгоритм, 2002. — 256 с.
- 5. Стратегия национальной безопасности Российской Федерации до 2020 г. Указ Президента РФ от 12.05.2009 г. № 537 [Электронный pecypc]. — Режим доступа: http://www.rcit.su/techinfo40.html (дата обращения: 24.03.2014).
- 6. Энергетическая стратегия России на период до 2030 года. Распоряжение Правительства РФот 13.11.2009 г. № 1715-рГЭлектронный ресурс]. — Режим доступа: http://smp22.ru/content/legislation/federalleg/ power/energy / m,01,11088/ (дата обращения: 02.03.2013).
- 7. О техническом регулировании. Федеральный закон Российской Федерации от 27.12.2002 г. № 184-ФЗ [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://siem.su/lib/FZ 184.htm (дата обращения: 20.08.2013).
- 8. Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на период до 2020 года. Государственная Программа РФ, утвержденная Правительством РФ от 27.12.2010 г. № 2448-р [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://base.garant.ru/55170341/ (дата обращения: 14.04.2012).
- 9. О некоторых мерах по повышению энергетической эффективности экономики. Указ Президента Российской Федерации от 04.07.2008 г. № 889. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http:// mb48r.ru/content/legislation/federal/power/energy /m,f,281560/ (дата обращения: 10.09.2013).
- 10. Об энергосбережении. Федеральный закон РФ от 03.04.1996 г. № 28-ФЗ [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://base.garant. ru/106191/5/#block 500(дата обращения: 22.10.2010).
- 11. Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации. Федеральный Закон РФ от 23.11.2009 г.

- № 261-Ф3 [Электронный ресурс]. Режим доступа http://base.garant. ru/12171109/ (дата обрашения: 06.08.2012).
- 12. Об утверждении плана мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности в РФ, направленных на реализацию ФЗ № 261-ФЗ. Распоряжение Правительства РФ от 01.12.2009 г. № 1830-р [Электронный ресурс]. Режим доступа http://www.zakonprost.ru/content/base/153777 (дата обращения: 14.05.2014).
- 13. Об установлении объема энергетических ресурсов в стоимостном выражении для целей проведения обязательных энергетических обследований. Постановление Правительства Российской Федерации от 16.08.2014 г. № 818 [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.rg.ru/2014/08/19/energoresurs-site-dok.html (дата обращения: 27.10.2014).
- 14. ГОСТ Р 51541-99. Энергосбережение. Энергетическая эффективность, состав показателей. Общие положения [Одектронный ресурс]. Режим доступа: http://docs.cntd.ru/document/gost-r-51541-99 (дата обращения: 17.11.2009).
- 15.ГОСТР51387-99.Энергосбережение. Нормативно-методическое обеспечение. Основные положения [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.gosthelp.ru/text/gostr5138799energosberezh.html (дата обращения: 17.11.2009).
- 16. ГОСТ Р 51380-99. Энергоебережение. Методы подтверждения соответствия показателей энергетической эффективности энергопотребляемой продукции их нормативным значением. Общие положения [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://docs.cntd.ru/document/1200005378 (дата обращения: 17.11.2009).
- 17. ИСО 9000 2005. Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.pqm-online.com/assets/files/lib/std/iso\_9000-2005(r).pdf (дата обращения: 01.08.2009).
- 18 ИСО 50001. Системы энергоменеджмента. Требования с руководством по использованию [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://meraua.com/files/ISO-50001.pdf (дата обращения: 01.08.2012).
- 19. ГОСТ Р ИСО 14001-2007. Системы экологического менеджмента. Требования и руководство по применению [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.promecopalata.ru/basa/iso14001-promecopalata.ru.pdf (дата обращения: 02.08.2012).
- 20. ИСО 9001:2008. Системы менеджмента качества. Требования [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.haensch-qe.ru/assets/files/consalting/0.ISO-9001-2008.pdf (дата обращения: 02.08.2012).

- 21. МЕРС.1/Сігс 681 от 17.08.2009 г. Временные руководящие принципы в методе вычисления проектного индекса энергетической эффективности для новых судов (EEDI) [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.afcan.org/dossiers\_reglementation/mepc59/MEPC.1-Circ.681.pdf (дата обращения: 15.01.2010).
- 22. МЕРС.1/Сігс 682 от 17.08.2009 г. Временные руководящие принципы добровольной проверки индекса энергетической эффективности [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.afcan.org/dossiers\_reglementation/mepc59/MEPC.1-Circ.682.pdf (дата обращения 15.01.2010).
- 23. МЕРС.1/Сігс 683 от 17.08.2009 г. Руководство для разработки плана управления энергетической эффективностью судна (SEEMP) [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://www.afcan. org/dossiers\_reglementation/mepc59/MEPC.1-Circ.683.pdf (дата обращения: 15.01.2010).
- 24. МЕРС.1/Сітс 684 от 17.08.2009 г. Руководящие принципы добровольного использования действующего (эксплуатационного) показателя (индикатора) энергетической эффективности судна (EEOI) [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.afcan.org/dossiers\_reglementation/mepc59/MEPC.1 Circ.684.pdf (дата обращения: 15.01.2010).
- 25. *Селиверствов В. М.* Утилизация тепла в судовых дизельных установках / В. М. Селиверстов Л.: Судостроение, 1973. 256 с.
- 26. *Ерофеев В. Л.* Термодинамические пределы энергоэффективности теплоэнергетических установок / В. Л. Ерофеев, А. С. Пряхин // Журнал университета водных коммуникаций. 2013. Вып. II (XVIII). С. 33–37.
- 27. *Каганович Б. М.* Эффективность энергетических установок: термодинамика, экономика, прогнозы / Б. М. Каганович, С. П. Филиппов, Е. Г. Анциферов. Новороссийск: Наука, Сиб. Отделение, 1989. 256 с.
- 28. *Ерофеев В. Л.* Эксергетический метод оценки энергетической эффективности топливоиспользования: учеб. пособие / В. Л. Ерофеев, Н. Н. Фомин. СПб.: Изд-во СПГУВК, 2010. 57 с.
- У 29. Комиссия по химии атмосферы Межведомственного географического комитета при Президиуме РАН [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://igorlariu2010,harod.ru/np2.htm (дата обращения: 21.05.2014)
- 30. *Гусаров А. П.* Потребление топлива и выбросы  $CO_2$  автомобилями в Российской Федерации / А. П. Гусаров // Материалы 66-й между-

- нар. научн.-техн. конф. ААИ, г. Дмитров «Автомобиль и окружающая среда». 22 с.
- 31. *Кутепов В. Ф.* Проблемные вопросы ограничения выбросов  $C_{02}$  от автотракторных средств [Электронный ресурс] / В. Ф. Кутепов, А. В. Козлов, А. С. Теренченко, Ю. В. Шюте. Режим доступа: http://www.ffc-hress.ru/j0062/artl16.htm (дата обращения: 30.06.2013)
- 32. Авиация и глобальная атмосфера. Специальный доклад МГЭИК [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/spm/av-ru.pdf (дата обращения: 30.06.2014).
- 33. Стратегия развития судостроительной промышленности на период до 2020 г. и на дальнейшую перспективу. Приказ Минэнерго России от 06.09.2007 г. № 354 [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://dzblhm.mirtesen.ru/blog/43062568877/Prikaz-minpromenergo-№-354-ot-06.09.2007 (дата обращения: 11.10.2013).
- 34. Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года. Распоряжение Правительства РФ от 22.01.2008 г. № 1734-р [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://base.garant.ru/194460/(дата обращения: 15.10.2014).
- 35. Об утверждении технического регламента о безопасности объектов внутреннего водного транспорта Постановление Правительства РФ от 12.08.2010 г. № 623 [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://base.garant.ru/199131/ (дата обращения: 04.07.2014).
- 36. О плане мероприятий по совершенствованию регулирования в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности в Российской Федерации. Распоряжение Правительства РФ от 27.09.2012 г. № 1794-р [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://docs.cntd.ru/document/902371462 (дата обращения: 04.07.2014).
- 37. Об установлении требований к программам в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности субъектов естественных монополий, оказывающих услуги в транспортных терминалах и портах, на 2013 − 2015 годы. Приказ Федеральной службы по тарифам от 30.03.2012 г. № 219-Т [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/70061120/ (дата обращения: 20.02.2014).
- 38. Об установлении требований к программам в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности субъектов естественных монополий, оказывающих услуги по использованию инфраструктуры внутренних водных путей, на 2013 2015 годы. Приказ Федеральной службы по тарифам от 30.03.2012 г. № 217-Т

[Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/70061126/ (дата обращения: 20.02.2014).

- 39. Преснов С. В. Эффективность системы водного транспорта России в значительной степени определяется структурой и техническим состоянием флота [Электронный ресурс] / С. В. Преснов. Режим доступа: http://www.korabel.ru/news/comments/obnovlenie\_flota\_pervoocherednaya\_zadacha\_nastoyashchego\_vremeni.html (дата обращения: 22.01.2014)
- 40. *Конкс Г.А.* Мировое судовое дизелестроение. Концепция конструирования, анализ международного опыта / Г. А. Конке, В. А. Лешко. М.: Машиностроение, 2006. 512 с.
- 41. *Калинин С. В.* Повышение экономичности судовых дизелей / С. В. Калинин, А. Л. Лемещенко, А. С. Пунда. СПб.: Судостроение, 1992. 172 с.
- 42. Федеральное агентство морского и речного флота. Подведомственные организации. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.morflot.ru/podvedomstva/ (дата обращения; 09 10.2014).
- 43. *Ерофеева Е. В.* Экономическая целесообразность финансовых вложений в энергетическую эффективность. Модель расчета эффективности энергосберегающих проектов / Е. В. Ерофеева // Энергетическая эффективность речного транспорта. Спец. вып. сб. «Наука и техника на речном транспорте». М.: Изд-во ЦБНТИ МТ РФ, 2002. С. 46–55.
- 44. Об утверждении трефований к энергетическому паспорту, составленному по результатам обязательного энергетического обследования и энергетическому паспорту, составленному на основании проектной документации, и иравил направлений копий энергетического паспорта, составленного по результатам обязательного энергетического обследования. Приказ Минэнерго РФ № 182 от 19.04.2010 г. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://docs.cntd.ru/document/902220954 (дата обращения: 14.09.2014).
- 45. Методика определения потенциала энергосбережения и перечень типовых мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности. СПб.: СРО НП «Три Э», 2011.
- 46. *Кривошей В. А.* О речном транспорте и его проблемах / В. А. Кривошей // Природно-ресурсные ведомости. 2010.  $\mathbb{N}_2$  7 (358).
- 47. Водный транспорт. Ледоколы [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://sea-transport.ru/ledokoji/467-arkticheskie-suda-snabzheniya-vitus-bering.html (дата обращения: 25.07.2014).

- 48. *Маслов В. В.* Утилизация теплоты судовых дизелей / В. В. Маслов. М.: Транспорт, 1990. 144 с.
- 49. Жмудяк Л. М. Перспективные схемы утилизации теплоты отработавших газов поршневых ДВС / Л. М. Жмудяк // Динамика и тепловая нагруженность и надежность сельскохозяйственных агрегатов: материалы второго заседания республиканского семинара. — Барнаул: Изд-во АПИ, 1981. — С. 100–109.
- 50. *Кузьмин А.*  $\Gamma$ . Система утилизации теплоты поршневых мини-ТЭУ для энергоснабжения малых объектов энергопотребления А.  $\Gamma$ . Кузьмин, И. А. Карпов, С. Р. Дорофеев // Ползуновский вестник. 2007.  $\mathbb{N}^{2}$  4. С. 63–70.
- 51. Андреев А. А., Калиниченко Н.В. Экономическая и энергетическая целесообразность утилизации низкопотенциальной теклоты на судах с помощью теплового насоса / А. А. Андреев, Н. В. Калиниченко // Наукові праці. 2007. Вип. 72. Т. 86.
- 52. Зайцев А. П. Исследование характеристик работы утилизационного термоэлектрического генератора при работе дизеля на различных режимах / А. П. Зайцев // Повышение уровня технической эксплуатации судовых дизелей. Новосибирск: Изд-во НИИВТ, 1987. С. 67–73.
- 53. *Ерофеев В. Л.* Теплотехника В. Л. Ерофеев, П. Д. Семенов, А. С. Пряхин / под ред. проф. В П. Ерофеева. М.: Академкнига, 2006. 456 с.
- 54. *Кукис В. С.* Двигатель Стирлинга как утилизатор теплоты отработавших газов / В. С. Кукис // Автомобильная промышленность. 1988. № 9. С. 19 $^{20}$ .
- 55. Гоннов И. В. Двигатели Стирлинга: возможности и перспективы / И. В. Гоннов, Ю. В. Локтионов // Развитие нетрадиционных источников энергии. сб. трудов ИАТЭ. Обнинск: Изд-во ИАТЭ, 1990. С. 156–166.
- 56 *Ерофеев В. Л.* Основы энергосбережения. Энергетическая эффективность водного транспорта: монография / В. Л. Ерофеев, В. В. Маркин. СПб.: Судостроение, 2006. 220 с.
- 57. Программа инновационного развития ОАО «Мурманский морской торговый порт» на период 2011 2015 гг. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.rcit.su/techinfo40.html (дата обращения: 24.03.2014).
- 58. Мурманский морской торговый порт [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www/portmurmansk.ru/imgs/news/pid.pdf (дата обращения: 12.06.2014).

- 59. *Ерофеев В. Л.* Использование перспективных топлив в судовых установках / В. Л. Ерофеев. Л.: Судостроение, 1989. 80 с.
- 60. Международная конвенция по предотвращению загрязнения с судов. (MARPOL 1973/78) [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.rcit.su/techinfo40.html (дата обращения: 24.03.2014).
- 61. Gasin4M / Суда на газе [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://gasin4m.com/post1326810683 (дата обращения: 20.09.2014).
- 62. Резолюция ИМО МЕРС.203(62) [Электронный ресурс]. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.rcit.su/techinfo40.html (дата обращения: 24.03.2014).
- 63. *Пименова Т. Д.* Производство и применение сухого льда жидкого и газообразного диоксида углерода / Т. Д. Пименова. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982. 208 с.
- 64. Загоруйченко В. А. Теплофизические свойства газообразного и жидкого метана / В. А. Загоруйченко, А. М. Журавлев. М.: Изд-во Комитета стандартов, мер и измерительных приборов при Совете Министров СССР. Гос. служба стандартных и справочных данных, 1969.
- 65. Загоруйченко В. А. Теплотехнические расчеты процессов транспорта и регазификации природных газов: справочное пособие / В. А. Загоруйченко, Р. Н. Бишикинтай, А. В. Вассерман. М.: Недра, 1980. 156 с.
- 66. Сухой лёд. Статьи [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://suhed.wmsite.ru/djcs/primenenie-suhogo-lda-ch5/ (дата обращения 01.02.2014).
- 67. *Шемшединос Г. А., Бурмин Л. В.* Способ получения твердой или жидкой углекислоты. Авт. свид. СССР № 74783, заявлено 09.09.1948.
- 68. ALBIZ. Промышленная химия. Углекислота [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.ru.all.biz/prochaya-promyshlennaya-himiya-bgc516 (дата обращения: 21.02.2014).
- 69 Техгаз. Углекислота [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://ballgaz.ru/co2.html (дата обращения: 21.02.2014).
- 0. ООО «Кислород Сервис Фарм». Сухой лёд [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.o2kirov.ru/tehnicheskie-gazy/uglekislyj-gaz (дата обращения: 12.03.2014).

**Безюков Олег Константинович,** д-р техню наук, проф., **Ерофеев Валентин Леонидович**, д-р техн. наук, проф., **Ерофеева Екатерина Валентиновна,** канд. экон. наук, **Пряхин Александр Сергеевич**, канд. техн. наук, проф.

# ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ: ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВОДНОГО ТРАНСПОРТА

Монография



198035, Санкт-Петербург, Межевой канал, 2 Тел.: (812) 748-97-19, 748-97-23

e-mail: izdat@gumrf.ru

Ответственный за выпуск Сатикова Т. Ф.

Редактор Середова Т. В.

Компьютерная верстка Евсюткина М. Н.

Подписано в печать 26.05.2016 Формат 60×90/16. Бумага офсетная. Гарнитура Times New Roman Усл. печ. л. 17,75. Тираж 500 экз. (1-й завод — 50 экз.). Заказ № 38/16