



**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Санкт-Петербургский государственный университет  
аэрокосмического приборостроения»**

**Кафедра «Системного анализа и  
ЛОГИСТИКИ»**

# **Транспортная энергетика**

**Преподаватель: доцент кафедры  
к.в.н., доцент *Уголков Сергей Вячеславович*  
8-921-325-18-12**

**Санкт-Петербург**

# Тема 8

## ПРИМЕНЕНИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ И ПРИРОДООХРАННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА ТРАНСПОРТЕ

# **Учебные вопросы**

**8.1 Железнодорожный транспорт**

**8.2 Автомобильный транспорт**

**8.3 Водный транспорт**

**8.4 Воздушный транспорт**

Функционирование транспортного комплекса неизбежно приводит к загрязнению окружающей среды. Рост транспортных услуг, увеличение парка машин и механизмов в конечном счете может привести к необратимым последствиям, которые поставят под вопрос существование цивилизации на Земле. Если не принимать никаких мер по повышению эффективности транспортных систем и соответственно - экономии энергоресурсов, истощение природных запасов неизбежно приведет к проблемам в экономике. Если не принимать мер по снижению дымности и токсичности транспортных средств, не работать над созданием экологически безопасных двигателей, человек как элемент экосистемы будет подвергаться все большей опасности.

Чтобы ощутить остроту проблемы, достаточно вспомнить смог в Лондоне, катастрофическое положение с качеством воздуха в Мехико, где невозможно находиться на оживленных улицах без противогаза, качество воздуха в окрестностях многокилометровых пробок в нашей столице. Быстрые темпы развития транспорта, несмотря на определенное повышение его энергетической эффективности, увеличивают потребность в наиболее совершенных и дорогих энергоносителях - в моторных топливах и электроэнергии.

*В связи с этим актуальной представляется политика энергосбережения, проводимая на всех видах транспорта, совершенствование структуры транспортных средств в целях обеспечения перевозок грузов и пассажиров при минимальных энергетических затратах.*

Реализацию энергосберегающих и природоохранных технологий можно разделить на три направления:

1. Разработка и внедрение новых видов топлива (энергоносителей) и соответствующих машин и механизмов.

2. Совершенствование существующих энергоустановок с целью повышения их экономичности и экологической безопасности.

3. Организационные мероприятия (совершенствование нормативной базы по параметрам экологической безопасности топлива, законодательные решения по внедрению современных технологий производства топлива и т.д.).

**Учебный вопрос 8.1**

**ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЙ  
ТРАНСПОРТ**

В нашей стране доля железнодорожного транспорта в грузовых перевозках в 2009 году составляла 41,2%. Это второй после трубопроводного транспорта показатель по интенсивности перевозок. В связи с этим для железнодорожного транспорта вопрос энергоэффективности особенно актуален. Ежегодно железнодорожный транспорт расходует около 30 млн.т условного топлива, причем 60% общего объема топливных затрат приходится на долю тепловозов. При этом экономия лишь одной тонны условного топлива обеспечивает перевозку 3000 т грузов на расстояние около 100 км.

Перспективными направлениями энергосбережения на железнодорожном транспорте можно считать:

- перевод нефтяного моторного топлива на сжиженный природный газ (удельная теплота сгорания газа примерно на 20% выше нефтяного моторного топлива, а как топливо газ более экологичен);

- развитие новых принципов получения энергии в первичных энергоустановках (имеется ввиду использование иных видов энергии, нежели энергия органического топлива);

- дальнейшая электрификация железных дорог.

*Если сравнить КПД преобразования энергии от первичного источника до двигателя тепловоза с электропередачей и электровоза, то окажется, что общие КПД их силовых установок имеют близкие значения [3] (Табл. 8.1).*

Таблица 8.1 - КПД преобразователей энергии

Вид ТС	Первичное топливо	Первичная энергоустановка	Линия энергопередачи	Тяговый двигатель с трансмиссией	Общий КПД СУ
Тепловоз с электропередачей	Соляр	0,3 - ДВС, 0,92 - генератор	0,99	0,84	0,23
Электровоз	Уголь (на электро-станции)	0,3 - паровой двигатель, 0,92 - генератор	0,8-0,9 (ЛЭП)	0,84	0,19-0,21

*Очевидно, что в случае первичной энергоустановки не тепловой, а гидроэлектростанции, общий КПД силовой установки электровоза может быть значительно выше и достигать 45-50%. Кроме того, электровозы не загрязняют окружающую среду. Следует заметить также, что стоимость электровозов ниже, чем тепловозов сравнимой мощности.*

Перспективным направлением развития железнодорожного транспорта являются работы по созданию поездов на магнитном подвесе. Разработка таких поездов ведется во многих странах (Германия, Англия, Китай (Шанхай), Япония, Южная Корея). Принцип работы магнитного подвеса основан на свойстве постоянных магнитов одинаковой полярности отталкиваться, а противоположной полярности - притягиваться. Существуют различные конструктивные решения по созданию магнитных подвесов.

В одних применены постоянные магниты с использованием принципа сверхпроводимости, в других - электромагниты, в третьих - и электромагниты, и магниты из магнитотвердых материалов.

*Движение поезда осуществляется по монорельсу, по торцам которого располагаются магнитные системы, а принцип, положенный в основу движения, аналогичен принципу работы электродвигателя. В обычном электродвигателе происходит вращение ротора, а если развернуть статор и ротор по образующей в линию, то получится линейный двигатель.*

Основным преимуществом таких поездов является высокие скорости движения (до 500 км/ч) и отсутствие вредных выбросов в окружающую среду. Тем не менее, сильные электромагнитные поля, сопровождающие работу таких поездов, оказывают вредное влияние на пассажиров (если это пассажирский поезд) и на обслуживающий персонал. Кроме того, при движении поезда возникают шумы определенного диапазона частот, которые также оказывают неблагоприятное воздействие на людей, вызывая нервные расстройства.

*Это касается прежде всего населения, живущего вблизи подобных трасс. По стоимости строительство дороги соизмеримо со стоимостью проходки метро закрытым способом. Так, один километр дороги обойдется в 30 млн.евро. Соответственно и расчетный срок окупаемости таких дорог составляет десятки лет.*

*В настоящее время создание поездов на магнитном подвесе носит экспериментальный характер. Известны лишь два коммерческих использования поездов на магнитном подвесе. В Китае в 2003 году введена в эксплуатацию дорога, построенная с использованием германской технологии **Transrapid**, протяженностью 30 км, связывающая Шанхай с аэропортом Пудонг.*

Весь путь поезд проходит за 8 минут, разгоняясь до скорости 430 км/ч. Вторым примером - низкоскоростная линия **Linimo** в японском городе Нагоя, запущенная в 2005 году.

Вопрос о том, есть ли будущее у поездов на магнитном подвесе, связан как с решением ряда технических проблем, так и с экономическими возможностями той или иной страны. Использование таких поездов в качестве городского транспорта имеет неплохую перспективу из-за низких эксплуатационных затрат, отсутствия выбросов и малошумности по сравнению с другими видами транспорта.



В плане совершенствования существующих энергетических систем железнодорожного транспорта можно указать следующие направления:

- ввод в эксплуатацию новых локомотивов с повышенным КПД двигателей и передач, более совершенной системой охлаждения, что позволит снизить затраты энергии на собственные нужды;

- увеличение доли вагонов с роликовыми подшипниками, что снизит сопротивление движению и соответственно затраты энергии на перемещение грузов, а также увеличение доли бесстыкового пути;

- внедрение рекуперативного торможения на электрифицированных участках железной дороги.

*Совершенствование планирования перевозок, обеспечивающее равномерную загрузку линий электропередач электрифицированных дорог, повышение степени загрузки вагонов и соответствующее увеличение массы поездов, осуществление мероприятий по снижению потерь электроэнергии на тяговых подстанциях - непеременные составляющие комплекса мер по внедрению энергосберегающих и природоохранных технологий на железнодорожном транспорте.*

Стратегию развития железнодорожного транспорта в Российской Федерации на период до 2030 года определяет подписанное председателем правительства РФ распоряжение №1734 от 22 ноября 2008 года, где, в частности, определены мероприятия по совершенствованию транспортной инфраструктуры, по энергосбережению, по обновлению подвижного состава, по снижению вредного воздействия железнодорожного транспорта на окружающую среду.

**Учебный вопрос 8.2**  
**АВТОМОБИЛЬНЫЙ**  
**ТРАНСПОРТ**

*На долю автомобильного транспорта приходится около половины общего количества энергоресурсов, потребляемых всеми видами транспорта. Учитывая, что подавляющее большинство автотранспортных средств в качестве первичных двигателей использует двигатели внутреннего сгорания, основные мероприятия по повышению энергоэффективности автомобильного транспорта связаны, прежде всего, с созданием новых двигателей на альтернативных видах топлива:*

- двигатели на топливных элементах;
- гибридные двигатели;
- двигатели на химических источниках тока;
- двигатели на основе использования солнечной энергии.

Повышение эффективности ТС и снижение вредного воздействия их на окружающую среду связано также с мероприятиями по совершенствованию структуры и содержания существующего парка автотранспорта:

- увеличение доли грузооборота и пассажирооборота, выполняемых автомобилями и автобусами с дизельными двигателями (дизелизация), поскольку КПД дизельного двигателя почти на 10% выше, чем у бензинового;

- снижение удельных норм расхода топлива автомобилями за счет повышения КПД двигателей, трансмиссий, снижения собственной массы и аэродинамического сопротивления;

- замещение традиционных видов топлива сжиженным газом

В качестве организационных мероприятий можно указать на оснащение автомобилей приборами регистрации параметров движения, что позволит соблюдать оптимальные режимы перевозки грузов, своевременно принимать меры по снижению суммарных энергозатрат на транспорте. Кроме того, анализ процесса перевозки в режиме "on-line" позволит своевременно принимать меры по коррекции режима движения и маршрута в случае нарушений или угрозы срыва сроков поставки.

*В целом ТДК представляет собой сложную систему взаимодействия парка ТС, заправок станций, автодорог, автотранспортных предприятий, объектов нефтехимической промышленности, машиностроения и других отраслей, связанных с транспортом. Вопросы оценки и методик расчета степени воздействия ТДК с окружающей средой не входят в задачу данного курса, поэтому рассмотрим лишь один аспект, связанный со снижением вредных выбросов в атмосферу в результате работы энергетических установок автомобильного транспорта.*

Внедрение новых природоохранных технологий на автомобильном транспорте регулируется стандартами, устанавливающими предельно допустимые концентрации (ПДК) выбросов вредных веществ. Их внедрение сопровождается организацией контроля за их соблюдением при производстве и эксплуатации автомобилей, а также проведением соответствующих мероприятий на автотранспортных предприятиях.

В странах ЕЭС с 01.01.2006 г. для легковых автомобилей и с 01.01.2007 г для автофургонов введены нормы ЕВРО-4. Для больших автобусов и грузовых автомобилей с 01.01.2009 г введены нормы ЕВРО-5. Россия отстает в этом направлении, поскольку с 01.07.2002 г (ГОСТ Р 41.83-99) введены в действие только нормы ЕВРО-2, которые допускают почти в два раза больше уровни выбросов, нежели ЕВРО-4.

*Поэтому весьма актуальной представляется задача внедрения мероприятий по повышению экологической безопасности АТС.*

Под **экологической безопасностью** понимается совокупность свойств, характеризующих способность АТС минимизировать уровень вредного воздействия на окружающую среду и здоровье человека, в том числе за счет экономии материальных и энергетических ресурсов на всех стадиях его жизненного цикла.

Понятие экологической безопасности включает в себя следующие составляющие:

- безопасность перевозочного процесса;
- отсутствие вредного воздействия на окружающую среду;
- комфортабельность транспорта;
- сохранение природных ресурсов;
- эффективность транспорта.

Обеспечение безопасности перевозочного процесса предотвращает загрязнение окружающей среды в случае аварий при перевозке, прежде всего, опасных грузов. Отсутствие вредного воздействия на окружающую среду - идеальная ситуация, к которой следует приближаться, снижая вредные выбросы (уровень ПДК). Пока не существует универсального способа значительного снижения расхода топлива и количества вредных выбросов с отработанными газами. Эта задача может решаться только с использованием комплексных подходов.

Снижение токсичности бензиновых двигателей основано на применении трехкомпонентных каталитических нейтрализаторов.

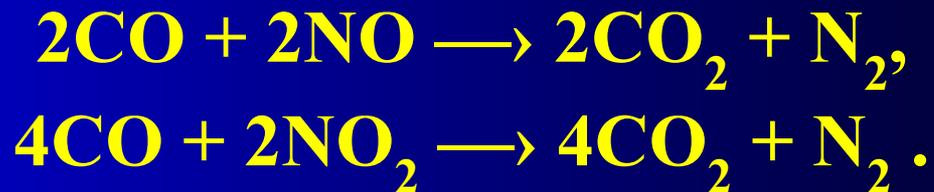
Направление исследований по снижению токсичности дизельных двигателей, основанное на совершенствовании рабочего процесса, в настоящее время себя исчерпало, поэтому для дизелей предполагается использовать окислительные каталитические нейтрализаторы и регенерируемые сажевые фильтры.

Процесс дожигания продуктов неполного сгорания топлива проводится в специальной реакционной камере, где поддерживается температура в пределах  $650-850^{\circ}\text{C}$ . В дизелях дожигание  $\text{CO}$ , углеводородных соединений и других горючих веществ обеспечивается кислородом, содержащимся в отработавших газах.

Сущность **каталитической очистки ОГ** заключается в беспламенном окислении продуктов неполного сгорания топлива или восстановлении окислов азота в присутствии катализатора. Так, догорание CO на поверхности катализатора описывается уравнением



Для очистки от оксидов азота возможно применение восстановительных катализаторов. Селективное восстановление может происходить при добавлении в ОГ реагентов-восстановителей ( $\text{H}_2$ , CO,  $\text{NH}_3$ ). Например, при использовании в качестве реагента-восстановителя CO осуществляются реакции



*Трудности практической реализации данных методов восстановления оксидов азота состоят в сложности поддержания относительно узкого диапазона температур ОГ, при которых осуществляются реакции. Поэтому применительно к дизелям восстановительные процессы получили весьма ограниченное распространение.*

**Каталитический процесс очистки ОГ** современных бензиновых двигателей осуществляется в две стадии. Первая - окислительная - протекает при наличии свободного кислорода в ОГ. Вторая - восстановительная - заключается в каталитическом преобразовании оксидов азота в отсутствие кислорода.

**Жидкостная нейтрализация ОГ** может эффективно применяться для очистки выбросов от мелкодисперсных частиц (сажа, смолистые вещества, окалина и др.), связываемых водой. Жидкостная очистка позволяет уменьшить общий уровень токсичности двигателя, неприятный запах, слезоточивое воздействие, а также понизить температуру ОГ.

**Непосредственная фильтрация ОГ** находит все более широкое применение для улавливания частиц дизельного выпуска. Фильтр, как правило, представляет собой пористую структуру из моноблочного, гранулированного или волокнистого материала, в котором происходит механическое отделение твердых частиц от ОГ.

Другим аспектом, связанным с обеспечением экологической безопасности АТС, является **качество моторного топлива**. На протяжении многих десятилетий низкооктановые фракции перегонки нефти совместно с добавкой в виде этиловой жидкости (этилированный бензин) широко использовались в качестве моторного топлива.

Когда было выявлено высокотоксичное действие этиловой жидкости и несовместимость ее с каталитическими нейтрализаторами отработавших газов, на смену этиловой жидкости пришли антидетонационные присадки в виде различных металлоорганических, а затем кислородосодержащих соединений, которые, как оказалось, также не являются безопасными для экологии и здоровья человека.

Детонация возникает вследствие появления перекисных соединений типа R-OO-R, R-OO-H, которые, быстро сгорая, выделяют большое количество энергии, образуя процесс детонационного сгорания топлива, который сопровождается большими динамическими нагрузками в поршневой группе двигателя. При этом возникают колебания давления в цилиндре (рис.8.1), приводящие к преждевременному его износу.

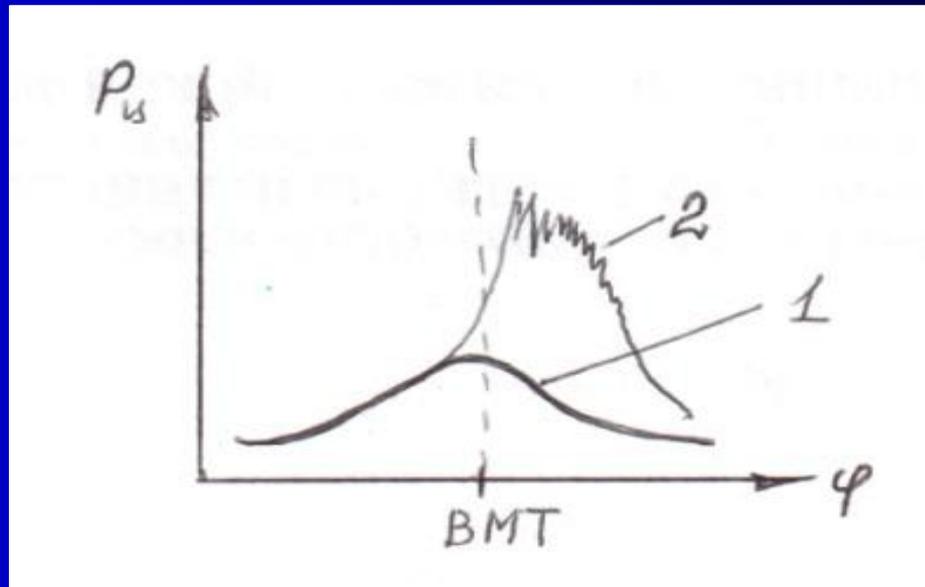


Рис.8.1. Давление в цилиндре вблизи ВМТ при нормальном (1) сгорании топлива и при детонации (2)

## Способы уменьшения детонации:

- уменьшение угла  $\varphi$  опережения зажигания, приближая его к ВМТ, что приводит к уменьшению температуры и давления, а для образования перекисных соединений остается меньше времени;
- применение антидетонаторов (этиловой жидкости или антидетонационных присадок).

Этиловая жидкость представляет собой тетраэтил свинца  $Pb(C_2H_5)_4$ . Не только сама жидкость представляет собой сильнодействующий яд, но и пары этой жидкости опасны для здоровья. После сгорания топлива, содержащего такую жидкость, в грибах, например, накапливается свинец, что также не является положительным фактором воздействия на окружающую среду. Кроме того, тетраэтил свинца в составе бензина выводит из строя активный слой нейтрализатора и датчика свободного кислорода ( $\lambda$ -зонда), что сводит на нет действие инструментов снижения уровня вредных выбросов.

Присадки, пришедшие на смену этилированному бензину, не решили проблемы, поскольку первые масштабные внедрения присадок выявили их непосредственную опасность для здоровья человека и высокую окислительную способность, следствием чего является образование кислот, вредно влияющих на ресурсные показатели двигателей. В связи с этим уже давно в мире уделяется особое внимание внедрению технологий производства автомобильных бензинов с высокооктановыми компонентами.

Фактически запрещено применение в странах Европы и США марганцевых антидетонаторов - вредных веществ, отрицательно влияющих на работу двигателей и присутствующих в отработавших газах.

Во всем мире давно наметился приоритетный интерес к технологиям глубокого крекинга нефтепродуктов, способствующего повышенному выходу высокооктановых изомерных углеводородных фракций. Доля продуктов, полученных по таким технологиям, например, в странах Северной Америки, достигла 50%, тогда как в России она остается на уровне 9% от общего объема первичной перегонки нефти.

В 1990-е годы увеличилось отставание автомобилестроительной и нефтеперерабатывающей отраслей от уровня мировых индустриальных держав в результате болезненного реформирования экономики России. Здесь сказалась и ситуация "революционных преобразований - передела собственности", в результате которой снизилось государственное регулирование данной сферы деятельности, снижение компетентности контролирующих служб, отсутствие современной экспериментально-аналитической инструментальной базы контроля качества нефтепродуктов. Остается выразить уверенность в том, что стратегия развития транспорта, намеченная в постановлениях Правительства РФ, приведет к улучшению положения в области переработки нефти и удалению этилированного бензина с российского рынка.

**Учебный вопрос 8.3**  
**ВОДНЫЙ ТРАНСПОРТ**

Как и любой другой вид транспорта, водный транспорт в процессе эксплуатации находится во взаимодействии с окружающей средой: для работы энергетических установок и судовых систем потребляется забортная вода и воздух, сбрасываются в атмосферу выпускные газы, а в гидросферу - забортная вода из теплообменных аппаратов и нефтесодержащие воды.

Насколько опасен сброс воды, говорят следующие цифры: 1 т нефти, содержащаяся в воде, покрывает тонкой пленкой площадь в 12 кв. км водной поверхности. А это препятствует теплообмену между гидро- и атмосферой, т.е. глобальному процессу, регулирующему климат на планете.

*Токсичность выпускных газов определяется видом применяемого топлива и условиями его сгорания. Поэтому выбор дешевых сернистых топлив, приводящий к увеличению уровня загрязнения окружающей среды и повышенному износу энергетических установок, не может быть признан правильным. В этом случае стоимость топлива - не главный критерий.*

В выпускных газах силовых энергетических установок находится около 200 компонентов, концентрация которых зависит от типа двигателя, сорта топлива, состава рабочей смеси, режима работы и т.д. Для примера приведем данные о выбросе вспомогательного парового котла, работающего на мазуте, при стоянке в порту [10]. При производительности 1т пара в час котел выбрасывает в атмосферу 4 кг  $SO_2$  и 2,25 кг  $NO_x$  в час, а работающие дизель-генераторы выделяют из расчета на 1 кВт·ч: 0,95 кг  $SO_2$ , 16,3 кг  $NO_x$ , 5,4 кг СО и 4,75 кг сажи.

В соответствии с Международной конвенцией по предотвращению загрязнения с судов (1973г) и Протокола к ней (1978г) - Конвенция МАРПОЛ 73/78 - все строящиеся суда оборудуют комплексом природоохранных устройств, которые позволяют утилизировать отходы, очищать забортные воды от примесей нефтесодержащих продуктов и т.д.

*Реализация мер по улучшению экологических показателей энергетических установок неразрывно связана с внедрением энергосберегающих технологий, поскольку повышение производительности установок ведет к снижению потребления топлива и снижению выбросов.*

В качестве основных направлений энергосбережения на водном транспорте можно указать следующие:

- пополнение флота новыми судами с развитой системой оптимизации режимов судового оборудования при помощи систем автоматического управления и бортовых вычислительных машин;
- внедрение новых систем топливоподготовки, многофункциональных присадок к топливу;
- замещение нефтяного моторного топлива природным сжиженным газом;

- использование необрастающих покрытий корпусов судна (обрастание подводной части корпуса судна в процессе эксплуатации приводит к увеличению сопротивления движению и увеличению расхода топлива);

- внедрение глубокой утилизации теплоты отходящих газов судовых двигателей;

- развитие речных перевозок несамходным флотом в крупнотоннажных составах;

- применение на речных судах дизелей с турбонаддувом;

- повышение нагрузок на единицу мощности двигателя;

- совершенствование организации эксплуатации судовых энергетических установок.

*Очевидно, что автоматизация управления энергетическими системами и связанного с ними оборудования позволяет выбрать наиболее рациональные с точки зрения экономии энергии режимы работы СЭУ.*

**В паротурбинных установках современных морских судов:**

**-полностью автоматизирована работа котельной группы;**

**-в дизельных установках автоматизировано дистанционное управление запуском, остановкой, изменением частоты вращения и реверсирование главного двигателя из рулевой рубки, т.е. с поста управления судном.**

Кроме того, в судовых энергетических установках автоматизируют многие вспомогательные механизмы:

- применяют автоматические самоочищающиеся сепараторы масла,

- полностью автоматизируется работа топливоперекачивающей системы и системы очистки топлива,

- работа вспомогательных и утилизационных котлов и т.д.

Таким образом, автоматизация управления - основной путь создания высокоэкономичных судов.

*В разделе, посвященном судовым энергетическим установкам, мы упоминали об использовании энергии отработавших газов посредством утилизирующих котлов. Помимо полезного использования теплоты отработавших газов, утилизирующие котлы способствуют повышению общего КПД силовой энергетической установки.*

*Поскольку дизельные двигатели получили преимущественное распространение на судах, повышение эффективности их работы будет способствовать решению задачи энергосбережения в целом по водному транспорту.*

Одним из путей повышения мощности дизеля является применение турбонаддува - организации дополнительной подачи топлива за счет предварительного сжатия воздуха перед поступлением его в цилиндры.

Существуют разные системы наддува: **динамический, инерционный, механический, наддув с использованием специальных впускных клапанов** и др. В современных двигателях с турбонаддувом используется энергия отработавших газов, которые приводят в действие специальную турбину. Она обеспечивает преобразование тепловой энергии в механическую работу по сжатию в компрессоре воздуха перед впуском его в цилиндры двигателя. Аппарат, являющийся комбинацией турбины и компрессора, носит название турбокомпрессора.

Применение турбокомпрессора увеличивает удельную мощность двигателя, повышает крутящий момент на частотах вращения коленчатого вала, близких к номинальной частоте, что приводит к значительному снижению расхода топлива по сравнению с двигателями той же мощности, но без наддува. Кроме того, уменьшаются выбросы токсичных продуктов с отработавшими газами. В качестве недостатка турбокомпрессора можно указать на необходимость организации дополнительной системы охлаждения турбины, поскольку температура отработавших газов достаточно велика. Это также требует применения термостойких материалов.

*Вопросы энергосбережения и эффективности водного транспорта связаны также и с организационными мероприятиями, такими как строгое соблюдение графиков регламентных и ремонтных работ, постоянный мониторинг состояния всех систем, выбор наиболее выгодной загрузки судна (каргоплана) и т.п.*

**Учебный вопрос 8.4**

**ВОЗДУШНЫЙ ТРАНСПОРТ**

Как и для других видов транспорта, для воздушного характерны те же основные принципы применения энергосберегающих и природоохранных технологий. Их можно сформулировать следующим образом :

- применение более экономичных самолетов;
- использование водорода в качестве топлива;
- совершенствование расстановки и использования парка самолетов в соответствии с пассажиро- и грузопотоками и дальностью рейсов;
- разработка и совершенствование методов летной эксплуатации;
- внедрение новых аэродромных машин и механизмов.

*Расширение парка самолетов за счет новых экономичных моделей решает и задачу снижения вредного воздействия самолетов на окружающую среду. Разработка энергетических установок, работающих на водороде, может кардинально решить экологическую проблему, но применительно к самолетам транспортной авиации - это дело будущего.*

Улучшение эксплуатационных качеств летательных аппаратов непосредственно связано с совершенствованием электрооборудования и, в частности, систем электроснабжения. Главными направлениями повышения их эффективности являются:

- создание принципиально новых систем;
- совершенствование существующих.

Первое направление связано с созданием новых СЭС на переменном токе с широким использованием статических преобразователей энергии и систем на постоянном токе повышенного напряжения.

*Современная элементная база позволяет создавать высоконадежные многофункциональные преобразователи с высоким КПД и с меньшими затратами на регламентные работы и обслуживание.*

Модернизация существующих систем электроснабжения связана с внедрением цифровых систем управления, построением гибких адаптивных структур, которые, в частности, позволяют существенно расширить функции контроля и диагностики оборудования и агрегатов, что позволит также повысить их надежность и обеспечить безопасность полетов.

*Повышение эффективности энергосистем летательных аппаратов, широкое внедрение новых принципов преобразования энергии приведут в конечном итоге к созданию экологически безопасных летательных аппаратов, что является неременным условием сохранения окружающей среды и снижения влияния парникового эффекта на экологию.*



***Лекция окончена***

**Благодарю за внимание**