

**Э. А. Улановский, А. В. Балахнин, В. Е. Цуканов – ООО «Конвер»**

Двигатели серии Д49 широко применяются в качестве силовых установок передвижных и стационарных электростанций, буровых установок для промышленного и разведочного бурения и т. д. Наибольшее распространение они получили на железнодорожном транспорте – почти все тепловозы, выпускаемые в России и странах СНГ, оснащаются дизелями этой серии.

## Многотопливные двигатели Д49

**Р**азработчиком и производителем двигателей серии Д49 является ОАО «Коломенский завод». Двигатели этого типа имеют 8, 12, 16 и 20 цилиндров V-образного расположения. Диапазон их мощности составляет от 800 до 4500 кВт – в зависимости от частоты вращения коленчатого вала (750...1 000 об/мин), количества цилиндров и степени форсирования по среднему эффективному давлению.

Наибольшее распространение Д49 получили на железнодорожном транспорте – практически все выпускаемые в России и СНГ тепловозы оснащаются дизелями этой серии. Они также широко применяются в качестве силовых установок карьерных большегрузных автосамосвалов, судов, буровых установок для промышленного и разведочного бурения, передвижных, стационарных и судовых электростанций.

К настоящему времени выпущено более 13 000 двигателей Д49 (табл. 1), из них 17% поставлено на экспорт. Они эксплуатируются в различных климатических условиях.

Двигатель 12ЧН26/26 мощностью 2650 кВт выиграл тендер в Германии (он был организован с целью выбора типа привода для модернизации тепловозного парка). Экологическая чистота Д49 позволила продолжить и даже расширить объем поставок. В Германию были поставлены не только 12ЧН26/26, но и двигатели 16ЧН26/26 мощностью 2940 кВт.

Развитие мощностного ряда Д49 идет сегодня в трех направлениях:

- повышение агрегатной мощности за счет форсирования по среднему эффективному давлению;
- создание многотопливных двигателей;
- создание двигателей, отвечающих современным зарубежным экологическим нормам.

В статье рассматриваются многотопливные двигатели ГД49 и локальные источники электроэнергии на их основе. Специалистами предприятия «Конвер» разработан и запатентован оригинальный способ управления газодизелем. Он позволил решить одну из основных проблем, возникающих при работе любого газожидкостного двигателя, – существенно расширить зону бездетонационной работы и тем самым снизить требования к метановому числу и качеству газа.

Разработанный способ отличается тем, что система автоматического регулирования частотой вращения дизельного двигателя (САРЧ) при переводе его в газожидкостный режим потребления топлива остается неизменной. Работа контура управления подачей газа определяется работой САРЧ.

Как показывают исследования, одной из причин развития детонации в газожидкостных двигателях с традиционной схемой управления являются переходные процессы, при которых неизбежно возникают локальные участки переобогащенной горючей смеси. Они и являются очагами детонации.

При появлении такого участка (в связи с многократно увеличивающейся скоростью выделения тепла в цилиндре двигателя) резко возрастает температура поверхности деталей его камеры сгорания, и дальнейшее развитие процесса детонации определяется калильным зажиганием. Чтобы охладить детали камеры

Табл. 1. Основные параметры двигателей Д49

|                                                                                              |                                     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| Диаметр цилиндра, мм                                                                         | 260                                 |
| Ход поршня, мм                                                                               | 260                                 |
| Частота вращения коленчатого вала, об/мин                                                    | 750...1 000                         |
| Удельный расход дизельного топлива, г/кВт·ч                                                  | <190                                |
| Ресурс (в зависимости от назначения), ч:<br>– до выемки поршней<br>– до капитального ремонта | 15 000...25 000<br>60 000...120 000 |



С Выинтойское месторождение (ОАО «РИТЭК»)

сгорания и устранить детонацию, необходимо снизить нагрузку.

В разработанном способе управления газодизелем условия появления очагов детонации отсутствуют, и, как следствие, расширяется бездетонационная область работы двигателя.

Другим, качественно новым свойством многотопливного двигателя типа ГД49 является высокая скорость приема нагрузки. Это особенно важно для двигателя, работающего в составе электростанции, так как дает возможность обеспечить высокое качество тока при резком увеличении нагрузки.

Следует отметить, что в стране и за рубежом отсутствует информация о работе газовых и газодизельных двигателей в условиях резкопеременных нагрузок, тем более на буровых установках. Система, примененная в двигателе Д49, обеспечивает все эксплуатационные режимы бурения, в том числе и спускоподъемные операции инструмента (рис.).

Шесть двигателей 12ЧН26/26 эксплуатировались в составе энерговагонов ПЭ-6, переоборудованных ООО «Конвер» в газодизели, на месторождениях компании «РИТЭК» и НК «Роснефть» – «Пурнефтегаз» в течение 1996-2001 года. В качестве основного топлива (85-90%) использовался попутный нефтяной газ, запальной дозы (10-15%) – дизельное топливо. Замечаний, связанных с работой двигателей на газе, практически не было – эксплуатация их подтвердила все сказанное выше о приемистости и детонации.

Нужно отметить, что работа двигателя по газодизельному циклу на установившихся режимах была достаточно изучена в процессе его доводки на опытных стенде ВНИИгаза, но при работе нескольких станций в параллель появились проблемы.

Дизель в штатной комплектации в условиях энерговагона работает по регуляторной характеристике, обычно имеющей статизм 3-4%. Таким образом, с увеличением нагрузки, если не вмешиваться в работу регулятора, обороты двигателя снижаются (от холостого хода до полной нагрузки уменьшение в процентах равно величине статизма), что обеспечивает устойчивую работу нескольких станций в параллельную



С Восточно-Перевальное месторождение (ОАО «РИТЭК»)

сеть. Задача оператора при этом – осуществлять контроль за частотой сети (оборотами) и распределением нагрузки между станциями. В случае необходимости регулирование выполняется операторами вручную со щита управления каждой станции.

При работе по газодизельному циклу статическая характеристика в чистом виде отсутствует, поэтому требуется не только контроль, но и регулирование распределения нагрузки и частоты тока. На установившихся режимах нагрузки это не создавало проблем – они возникали при быстропеременных режимах (например, спуско-подъемные операции инструмента). В настоящее время эти задачи решены, и пять станций работают устойчиво на параллельную нагрузку.



С Рис. Осциллограмма работы ПЭ-6. Подъем инструмента (высота колонны 2800 м)

➔ Двигатель  
12Д49М  
(Коломенский  
завод)



Дальнейшее совершенствование многотопливных двигателей Д49 направлено на расширение применяемых видов топлива. По инициативе компании «РИТЭК» на Коломенском заводе проведен полный цикл исследований по работе двигателя Д49 на сырой нефти Восточно-Перевального месторождения.

В результате были определены необходимые конструктивные изменения, которые нужно ввести в двигатель. Следует отметить, что Д49 средней форсировки не потребовал серьезных изменений для работы на такой нефти. Однако даже в этом случае удельный расход топлива, приведенный к одинаковой теплотворной способности при переходе на нефть, увели-

чивается на 0,5-1% в связи с более продолжительным периодом сгорания тяжелых фракций.

В каждом конкретном случае состав применяемой нефти должен быть согласован с заводом, так как возможно внесение в двигатель некоторых конструктивных или регулировочных параметров, изменение применяемого сорта масла и технологии подготовки нефти.

Для эксплуатации двигателей, работающих на сырой нефти, в ООО «Конвер» сконструирована установка подготовки нефти (УПН). Пять таких установок были изготовлены по чертежам фирмы на Нурлатском машиностроительном заводе (Татарстан). УПН осуществляла следующие функции:

- отстой топлива с отводом воды и части механических примесей;
- многоступенчатую фильтрацию нефти до тонкости отсева 12 микрон;
- подогрев нефти до заданной температуры;
- поддержание давления нефти на входе в двигатель.

В дальнейшем, по результатам годовой эксплуатации, установка претерпела серьезные изменения. За счет применения самоочищающегося фильтра немецкой фирмы Boll&Kirch тонкость фильтрации составляет сегодня 5 микрон. Установка полностью автоматизирована, весогабаритные показатели ее уменьшены в среднем на 70-80%. В настоящее время УПН сертифицирована и допущена к эксплуатации в нефтяной и газовой промышленности.

В 2001 году на Сандибинском месторождении нефти на полуострове Ямал компанией были переоборудованы три энерговагона ПЭ-6 для работы на сырой нефти, смонтирована и пущена в эксплуатацию первая установка подготовки нефти.

В течение двух лет специалисты ООО «Конвер» вели постоянный контроль за состоянием двигателей, работающих на сырой нефти. При этом сразу было отмечено, что срок службы масла двигателя уменьшился примерно на 30%.

Совместно с фирмой Mobil были проведены сравнительные испытания масел: отечественных – М14Г2ЦС и М14ДЦЛ20 – и Mobilgard 412. Испытания продолжались 3 000 часов. В течение этого времени постоянно брались пробы масел и анализировались в лаборатории горючесмазочных материалов Коломенского завода.

С маслом М14Г2ЦС результаты опыта оказались необъективными. Что касается двух других масел, то Mobilgard 412 имело лучшие показатели: срок его службы составил 1200 часов, в то время как М14ДЦЛ20 – 700 часов. Однако сравнительная стоимость масел показала, что экономически выгоднее на данном этапе

Табл. 2. Сравнительная характеристика физико-химических параметров и компонентного состава сырой нефти различных месторождений

| Показатели, ед. изм.<br>(метод анализа)     | Сандибинское<br>место-<br>рождение | Восточно-<br>Перевальное<br>месторождение | Талаканское<br>место-<br>рождение | Выинтойское<br>место-<br>рождение |
|---------------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| Плотность при 20 °С, кг/м³                  | 848                                | 859                                       | 839                               | 833                               |
| Вязкость при 20 °С, мм²/с                   | 13,03                              | 13,59                                     | 13,53                             | 5,39                              |
| Вязкость при 50 °С, мм²/с                   | 4,41                               | 5,58                                      | 6,94                              | 2,75                              |
| Температура застывания<br>нефти, °С         | -25                                | -3                                        | -60                               | -5                                |
| Фракционный состав, %                       |                                    |                                           |                                   |                                   |
| Начало кипения, Т °С                        | 73                                 | 63                                        | 69                                | 41                                |
| до 100 °С                                   | 3                                  | 4                                         | 4,8                               | 8                                 |
| до 150 °С                                   | 11,5                               | 10                                        | 13,5                              | 18,4                              |
| до 200 °С                                   | 20                                 | 21                                        | 22,5                              | 28,5                              |
| до 250 °С                                   | 31,5                               | 32                                        | 32,5                              | 38,8                              |
| до 300 °С                                   | 48                                 | 44,5                                      | 42,5                              | 49,4                              |
| Содержание воды, %<br>масс.                 | 0,49                               | 0,7                                       | 0                                 | 0                                 |
| Содержание хлористых<br>солей, % масс.      | мало                               | 38                                        | 83 ... 800                        | мало                              |
| Содержание серы, %<br>масс.                 | 0,09                               | 0,87                                      | 0,59                              | 0,43                              |
| Содержание парафинов,<br>% масс.            | 2,45                               | 3,37                                      | 3,84                              | 2,9                               |
| Темпер. плавления<br>парафина, °С           | 56                                 | 57                                        | 53                                | 56,4                              |
| Содержание асфальтенов,<br>% масс.          | 0,47                               | 3,37                                      | 0,05                              | 0,82                              |
| Содержание силика-<br>гелевых смол, % масс. | 2,01                               | 10,1                                      | 8,6                               | 4,83                              |



↻ Двигатель 20-26ДГ (Коломенский завод)

эксплуатации применение М14ДЦЛ20 (с учетом его более частой замены).

Осмотр контрольных комплектов двигателей после 3 000 часов работы не позволил выявить различий в их износе, но вредных отложений и нагара на деталях цилиндропоршневой группы при работе на масле Mobilgard 412 было меньше. Возможно, снижение темпов износа двигателя, работающего на этом масле, проявится по мере его эксплуатации.

По состоянию на май 2006 года в эксплуатации находятся 42 энерговагона ПЭ-6, работающих только на сырой нефти или на попутном нефтяном газе с запальной дозой нефти. Наработка отдельных двигателей на этих видах топлива достигла 30 тыс. часов. При этом плановые ремонты с выемкой поршней проводятся через 13-15 тыс. часов. Сегодня двигатели 12ЧН 26/26 работают на нефти, состав которой приведен в табл. 2.

Немаловажным является то, что при работе двигателей по нефтегазовому циклу не только снижаются затраты на производство электроэнергии (используется газ, сжигаемый в факелах), но и значительно улучшается экологическая обстановка в регионе, так как использование факельного газа существенно снижает вредные выбросы в атмосферу.

Опыт эксплуатации двигателей 12ЧН26/26 на нефти, природном газе (п-ов Камчатка, г. Радужный Владимирской области) и попутном нефтяном газе позволил Коломенскому заводу приступить к производству многотопливных 8-, 12- и 16-цилиндровых двигателей серии Д49.

В заключение следует отметить, что многотопливные двигатели Д49 при переходе с одного вида топлива на другой могут работать без перерегулировки и даже без остановки. Это стало возможно благодаря разработанной ООО «Конвер» оригинальной технологии работы двигателя по газожидкостному циклу. ■

## Wartsila Corporation поставит в Калифорнию газопоршневую многоагрегатную электростанцию.

Контракт подписан с компанией Pacific Gas & Electric Company, которая является одним из крупнейших производителей электрической и тепловой энергии в США. Оборудование будет поставлено с целью модернизации существующей электростанции в г. Гумбольдт Бэй. Мощность новой станции составит 163 МВт.

В состав электростанции войдут 10 газопоршневых энергоблоков на базе двигателей 18V50DF мощностью по 16,64 МВт, КПД 47,3%. Станция будет работать в простом цикле с базовой нагрузкой. Основным топливом является природный газ, резервным — дизельное топливо. В случае перебоев с подачей газа, переключение на резервное топливо осуществляется автоматически, без потери мощности. После восстановления подачи газа установки мгновенно переключаются на основное топливо.

После начала коммерческой эксплуатации в середине 2009 года станция будет вырабатывать электроэнергию для местной энергосети.

## ООО «Мантрак Восток» поставило четыре энергоблока для муниципальной электростанции мощностью 4580 кВт в г. Ижевске.

В состав станции входят 4 газопоршневых энергоблока G3516B компании Caterpillar. Установки расположены на открытой площадке, ввод их в эксплуатацию запланирован к началу отопительного сезона.

Энергоблок G3516B мощностью 1150 кВт создан на базе двигателя 3516, генератора SR4B компании Caterpillar. Система автоматики 3-го уровня позволяет работать параллельно с электросистемой. Вырабатываемая станцией электроэнергия будет поступать в энергосистему Удмуртии.

Выработка тепловой энергии планируется в течение всего года: зимой она будет использоваться для нужд теплофикации, летом — для получения горячей воды.

Заказчик электростанции — предприятие «Горкоммунтеплосеть». Это первый проект ООО «Мантрак Восток», когда электроэнергией обеспечивается жилой сектор, а не промышленное предприятие.



Блочная муниципальная электростанция с двигателями Caterpillar в г. Ижевске.