

Ремоторизация магистральных тепловозов

В целях увеличения срока службы локомотивов и улучшения их технических и экологических характеристик Национальное общество железных дорог Франции (SNCF) реализовало программу замены дизельных двигателей на тепловозах отдельных серий. Журнал «Железные дороги мира» (2005, № 12) освещал опыт SNCF по ремоторизации маневровых тепловозов, но указанная программа распространялась и на магистральные, в частности на мощные тепловозы серии СС 72000. Установка на локомотивы постройки 1960-х годов новых дизелей позволила уменьшить более чем на 70 % выделение в атмосферу оксидов углерода и углеводородов и на 80 % — твердых частиц.

Проблема и пути ее решения

В принципе, «вклад» железнодорожного транспорта в загрязнение окружающей среды в глобальных масштабах Франции незначителен по сравнению, в частности, с автомобильным транспортом, но в некоторых ситуациях, например когда тепловозная тяга используется для вождения поездов в густо населенной местности, он все же чувствителен.

SNCF принимает ускоренные меры по электрификации сети, но ее темпы не позволяют в обозримой перспективе полностью отказаться от тепловозной тяги. В настоящее время 85 % перевозочной работы уже осуществляется электрической тягой, однако по экономическим соображениям невозможно провести массивную электрификацию оставшихся линий без существенной помощи со стороны государства.

Поэтому железным дорогам остается искать компромисс между терпением людей, живущих в районах, которые подвергаются загрязнению выхлопными газами тепловозов, и темпом, с которым SNCF способно обновлять свой локомотивный парк.

Следовательно, необходимы наиболее эффективные и сопряженные с разумными затратами решения, которые можно подразделить на организационные и технические.

С организационной точки зрения желательно свести к минимуму продолжительность работы тепловозных дизелей и, соответственно, загрязнение окружающей среды выхлопными газами. Здесь воз-

можны разные варианты: перемещение мест стоянки тепловозов и разогрева дизелей дальше от мест нахождения большого числа людей, сокращение времени предварительного разогрева, а также времени работы дизелей после прибытия и перед отправлением поездов, замена мощных тепловозов на электровозы или тепловозы с дизелями меньшей мощности, прокладка маршрутов передвижения локомотивов по наиболее удаленным от жилых районов линиям и т. п.

С технической точки зрения основными направлениями прогресса являются уменьшение выделения загрязняющих веществ в их источнике путем использования высококачественных масел и топлива с низким содержанием серы, а также частичная замена дизелей на тепловозах.

Полагают, что сочетание этих подходов даст SNCF возможность в ближайшие 8 лет уменьшить загрязнение окружающей среды в 2 – 3 раза.

В частности, ограничение времени работы тепловозных дизелей и ремоторизация партии тепловозов серии 72000 позволили снизить на 80 % выброс загрязняющих веществ в районе станции Париж-Восточный и локомотивного депо Ла-Виллет.

Исходная ситуация

В то время как деятельность SNCF в районе Париж-Восточный — Ла-Виллет стабилизировалась, жители прилегающих к железной дороге кварталов в 1995 – 1996 гг. стали жаловаться на дым от тепловозов, находящихся в депо, и создали ассоциацию для защиты своих интересов.

Получавшее эти жалобы министерство транспорта в 1998 г. обязало инженерную службу мостов и автомобильных дорог провести экспертизу работы депо. На основании заключения экспертов в марте 1999 г. решили перевести магистральные тепловозы в депо Урк (коммуна Пантен и Бобиньи), что и было выполнено в два этапа к марту 2000 г.

Несмотря на это, жители не перестали жаловаться на частое возникновение неприятного запаха от выхлопных газов, так как тепловозы по-прежнему курсировали по близлежащим путям и отстаивались недалеко от школ на улице Торси.

Поэтому в конце 2000 г. SNCF приняло новые меры по уменьшению загрязнения окружающей сре-



Рис. 1. Тепловоз серии СС 72000 (ремоторизированный и получивший новый номер)

ды. Продолжительность работы дизелей была постепенно ограничена 5 мин после прибытия и 20 или 10 мин перед отправлением поездов дальнего сообщения или местных соответственно. Все перемещения тепловозов по тракционным путям стали осуществляться при выключенных дизелях с помощью электровозов или маневровых мотовозов, оснащенных дизелями, соответствующими требованиям экологической чистоты уровня EURO II.

И наконец, SNCF предложило правительству и властям региона Иль-де-Франс совместно реализовать программу по замене дизелей (ремоторизации) наиболее загрязняющих атмосферу тепловозов серии СС 72000 (рис. 1). В программу были включены 30 локомотивов.

Характеристики двигателей внутреннего сгорания по загрязняющим выбросам зависят главным образом от их конструкции, технического состояния и особенно от работы системы впрыска топлива. Следовательно, замена штатных дизелей типа AGO V16 ESHR компании SACM (рис. 2), спроектированных по старым экологическим нормативам, на более

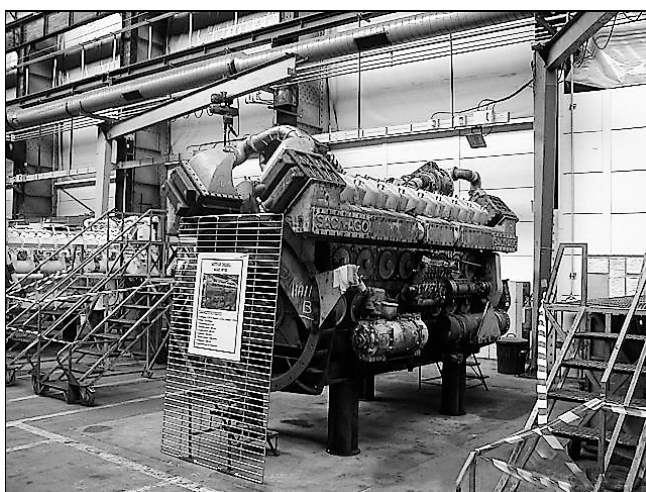


Рис. 2. Дизель типа AGO V16 ESHR

современные является благоприятной во всех отношениях.

По запросу локомотивного департамента дирекции подвижного состава и тяги поездов SNCF Центр инженерной службы подвижного состава (СИМ) составил технические требования на новые дизели. В ноябре 1998 г. объявили конкурс, в июне 1999 г. был завершен анализ предложений от промышленных компаний с точки зрения соответствия заявленным требованиям, особенно в части уровня загрязняющих выбросов и стоимости.

Победителем конкурса стала компания SEMT Pielstick, предложившая дизель типа 16 PA4-200 VGA (рис. 3). Контракт был подписан 2 мая 2001 г. Техническим координатором работ назначили СИМ. Программа осуществлялась с конца 1999 по середину 2004 г.

Компания SEMT Pielstick и ее дизели

Основанная в 1946 г. французская компания специализируется на разработке, изготовлении и продаже дизельных двигателей мощностью от 500 до 25 тыс. кВт с высокой (семейства PA) и средней (семейства PC) частотой вращения.

Дизели семейства PA SEMT Pielstick выпускает начиная с 1951 г.

Первый высокооборотный дизель PA1 с цилиндрами диаметром 175 мм развивал цилиндрическую мощность 65 л. с. Цилиндрическая мощность следующего дизеля PA2 при том же диаметре цилиндров достигла 110 л. с. Затем появились дизели PA4-185 (в 1962 г.) и PA4-200 (в 1967 г.) с цилиндрами большего диаметра.

В 1972 и 1977 гг. соответственно на рынок поступили дизели с изменяемой геометрией камеры сгорания: PA4-185 VG цилиндрической мощностью 167 л. с. и PA4-200 VG (первая версия) цилиндрической мощностью 200 л. с. Благодаря относительно небольшой удельной массе (от 2 до 3 кг/л. с. в зависимости от конфигурации) эти двигатели стали самыми компактными в гамме быстроходных дизелей компании и, следовательно, хорошо подходили для тепловозов с ограниченными осевыми нагрузками.

Помимо указанных, в гамму дизелей семейства PA входят:

- дизели PA5 мощностью от 1100 до 4000 кВт (от 1500 до 5400 л. с.) при частоте вращения от 900 до 1000 об/мин;
- дизели PA6 B-280 мощностью от 1700 до 6900 кВт (от 2300 до 9400 л. с.) при частоте вращения от 720 до 1050 об/мин.

Дизели семейства PA используются на автомобильном, железнодорожном и морском транспорте,

в составе дизель-генераторных стационарных силовых установок. В частности, около 6700 дизелей этого семейства установлены на тепловозах, эксплуатируемых более чем в 30 странах мира.

Общие положения ремоторизации

Ремоторизацию нельзя рассматривать просто как замену одного двигателя другим.

Во-первых, новый двигатель предстоит установить в пространстве тепловоза, изначально рассчитанном на установку штатного двигателя, что накладывает существенные массогабаритные ограничения.

Во-вторых, следует решить проблемы совместимости нового двигателя со старыми системами тепловоза, рассчитанными на взаимодействие со штатным двигателем. Если обеспечить совместимость не удастся, возникает необходимость замены и некоторого другого оборудования на новое, а любая замена увеличивает затраты на ремоторизацию.

Очевидно, замена двигателя (и в случае необходимости — иного оборудования) оправдана, если технический (в данном случае — и экологический) уровень тепловоза повысится, а расходы на его эксплуатацию (в том числе обусловленные потреблением топлива), техническое обслуживание и ремонт в течение оставшегося срока службы сократятся настолько, чтобы окупить связанные с ремоторизацией капитальные вложения.

Дизель 16 PA4-200 VGA

Для ремоторизации тепловозов серии СС 72000 SEMT Pielstick был выбран дизельный двигатель типа 16 PA4-200 VGA.

Установка этих дизелей позволяла вернуть тепловозам СС 72000 первоначально задуманную мощность, поскольку по ряду причин исходная мощность штатного дизеля типа AGO V16 ESHR компании SACM в эксплуатации была ограничена 2355 кВт, что соответствовало ухудшению тягово-скоростных характеристик локомотива на 11 %. Впрочем, дизели 16 PA4-200 VGA не являются абсолютно новыми для тепловозов СС 72000 — два таких дизеля в опытном порядке были установлены в июле 1987 г. на тепловозах СС 72044 и 72075.

Дизель имеет V-образную компоновку цилиндров с углом развала 90 град. Принципиальные новшества, внесенные по мере совершенствования конструкции дизеля, заключаются, главным образом, во внедрении системы электронного управления впрыском, устройстве предкамеры сгорания с переменной гео-

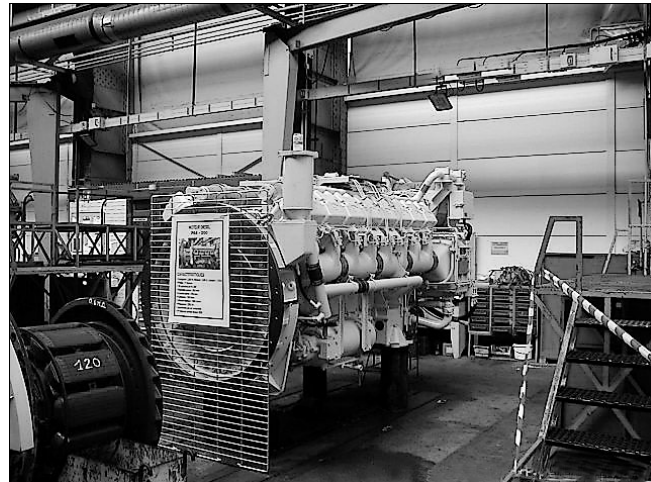


Рис. 3. Дизель типа 16 PA4-200 VGA

Основные технические характеристики дизеля 16 PA4-200 VGA

Номинальная мощность, кВт.	2650
Номинальная частота вращения, об/мин.	1500
Рабочий объем цилиндра, л.	105,56
Число цилиндров.	16
Диаметр цилиндров, мм.	200
Ход поршней, мм.	210

метрией и в замене турбокомпрессора компании BBC на турбокомпрессор компании Hispano-Suiza.

По уровню загрязнения атмосферы дизель удовлетворяет требованиям МСЖД уровня 2 согласно памятке МСЖД 624.

Системы и узлы

При установке дизеля было необходимо пересмотреть размещение и устройство следующих систем и агрегатов:

- система подвода воздуха;
- выхлопная система;
- система охлаждения;
- система подачи топлива;
- главная тяговая передача;
- вторичная передача для вспомогательных нужд.

Система подвода воздуха

Система подвода воздуха была модифицирована исходя из изменившегося расположения турбокомпрессоров. Ее основные компоненты были смонтированы на одной из концевых частей дизеля с двух ее сторон, тогда как на штатном дизеле AGO V16 ESHR они располагались на обеих концевых частях.

Это перемещение относится только к входным воздушным резервуарам. Исходный блок фильтрации, отвечающий требованиям компоновки дизеля, был оставлен на прежнем месте.

Выхлопная система

По причине изменения местоположения турбокомпрессоров была переделана система выхлопа газов.

На дизеле в целях улучшения его экологических характеристик с точки зрения уровня излучаемого шума установили два новых глушителя. При этом один из глушителей был смонтирован как бы в «перевернутом» положении.

Эти преобразования привели к довольно заметной перепланировке машинного отделения: поставили новый кожух для емкостей системы охлаждения, ликвидировали вентиляционные люки и сделали новые отверстия для выхлопных труб, а также приспособили крепежно-фиксирующие устройства к новому расположению оборудования.

Система охлаждения

Систему охлаждения при замене дизеля зачастую приходится рассчитывать заново, поскольку ее характеристики не всегда адекватны тепловому балансу вновь устанавливаемого двигателя.

В данном случае основная проблема заключалась в изменении местоположения радиаторов охлаждения в сетях ВТ (охлаждение масла и воздуха системы турбонаддува) и НТ (охлаждение моторного блока). При этом вентиляционная часть, в том числе и передаточное отношение привода вентиляторов, осталась без особых изменений с учетом частоты вращения дизеля 16 PA4-200 VGA в номинальном режиме, равной 1500 об/мин (первоначальная частота вращения штатного дизеля AGO V16 ESHR в номинальном режиме равнялась 1360 об/мин, но после изменения характеристик была уменьшена до 1230 об/мин).

В результате шесть радиаторов сети НТ были перемещены во вторую ступень сети ВТ. Кроме того, по-новому распределили потоки между радиаторами сети ВТ (с последовательным пропуском через блоки из трех радиаторов) для повышения скорости циркуляции воды и, соответственно, коэффициента теплообмена.

Новое размещение радиаторов без увеличения габаритов стало возможным потому, что допустимая максимальная температуры воды в сети НТ нового дизеля (90 °С) выше, чем у штатного (80 °С).

Система подачи топлива

Существовавшая система подачи топлива отвечала требованиям ремоторизации, в том числе в отношении фильтрации, поэтому ее устройство не подверглось модификации. Были только адаптированы трубопроводы подсоединения к дизелю.

Главная тяговая передача

Ранее на тепловозах СС 72000 ротор тягового генератора был укреплен на торце коленчатого вала дизеля посредством стального переходника типа Flector. Обмотки статора были закреплены на остовете при помощи специального крепежного устройства.

После замены дизеля генератор закрепили на нем через статорные анкерные болты, а соединение коленчатого вала с ротором генератора реализовано с использованием муфты типа Voile. Увеличение частоты вращения дизеля не вызвало каких-либо проблем, так как характеристики генератора типа АТ5 изначально рассчитаны на частоту вращения 1500 об/мин.

Вторичная передача для вспомогательных нужд

Дизель на тепловозе приводит во вращение следующее оборудование:

- вентиляторы охлаждения силового агрегата;
- вентиляторы охлаждения тяговых двигателей;
- компрессор;
- вспомогательный генератор.

Во вторичной передаче сохранен ременный привод, однако для сохранения прежнего скоростного режима работы указанного оборудования изменено передаточное отношение с учетом увеличения частоты вращения нового дизеля по сравнению со штатным.

Электрооборудование

Как сказано выше, установка на тепловозе нового дизеля потребовала большого объема работ по адаптации механического оборудования и жидкостных сетей.

Однако по завершении этих работ локомотив еще не работоспособен, так как его функционирование зависит от постоянного «диалога» между потребностью в тяговой мощности, обусловленной особенностями условий ведения поезда, и тяговым приводом, поставляющим эту мощность.

В исходном состоянии выполнение этой функции было разделено между гидравлическим регулятором дизеля и электромеханическим оборудованием.

Новый дизель 16 PA4-200 VGA, как и все современные двигатели, снабжен управляющим компьютером, что потребовало полностью пересмотреть систему регулирования дизеля.

Особенности тягового привода тепловоза СС 72000

Ко времени разработки этих локомотивов (1960-е годы) произошли заметные изменения как в механической части (появились мономоторные тележки),

так и в электрической (появились полупроводниковые выпрямители).

При создании тепловозов СС 72000 руководствовались концепцией питания тяговых двигателей квазипостоянным напряжением независимо от позиции контроллера машиниста с поддержанием оптимального сцепления, как это уже было реализовано на электровозах однофазного переменного тока.

Для изменения силы тяги, иначе говоря, для перехода с одной ветви тяговой характеристики на другую используется следующий принцип. Машинист, устанавливая контроллер в определенное положение, управляет потенциометрической схемой, которая приводит в действие так называемый сервомотор скорости (SMV). Это позволяет установить 35 значений напряжения, обозначаемого как U_{aff} .

С другой стороны, напряжение, подаваемое генератором, преобразуется трансформаторно-выпрямительной установкой в напряжение, обозначаемое как U_{alt} .

Наконец, напряжение, определяющее ток возбуждения генератора и обозначаемое как K_{lex} , регулируется с помощью магнитного усилителя.

Тяговые характеристики определяются зависимостью $U_{\text{alt}} = U_{\text{aff}} - K_{\text{lex}}$.

Имеет значение соотношение между величинами U_{aff} и $U_{\text{alt}} + K_{\text{lex}}$. Напряжение, соответствующее разнице этих величин, подается на выводы катушки управления магнитного усилителя, который регулирует возбуждение генератора с помощью статодина.

Если $U_{\text{aff}} > U_{\text{alt}} + K_{\text{lex}}$, ток управления стремится насытить магнитную цепь, что приводит к увеличению тока в статодине и выпрямленного напряжения генератора.

Если $U_{\text{aff}} < U_{\text{alt}} + K_{\text{lex}}$, это приводит к противоположному явлению.

Следует также отметить, что любое увеличение тока возбуждения за счет уменьшения U_{alt} приводит к падению характеристики.

В дополнение к такому регулированию напряжения второй сервомотор, называемый шунтирующим (SMSH), позволяет расширить диапазон режимов работы тяговых двигателей за счет использования 15 ступеней ослабления поля, как это имеет место на электровозах.

В ходе ремоторизации ставилась задача, чтобы при замене дизеля по возможности сохранялась гибкость управления с 35 позициями регулирования скорости и 15 ступенями ослабления поля.

Поэтому от компании SEMT Pielstick потребовали, чтобы информация, поступающая через интерфейс фирменного компьютера управления дизелем, функционально была подобна информации, поступающей от первоначально установленного на тепловозе регулятора типа Woodward с тремя видами логических команд — EA1, EA2, EA3, сочетание которых

позволяет управлять восемью ступенями регулирования частоты вращения дизеля. По команде маностата EAM дизель останавливается, по командам маностатов MIN и MAX происходит возврат в предыдущее положение.

Когда машинист переключает контроллер, требуемая от дизеля мощность, а следовательно, и частота вращения дизеля изменяются в соответствии с условиями ведения поезда для удовлетворения этих требований. Вместе с тем в зависимости от сопротивления движению поезда может случиться, что требуемая электрическая мощность будет превышать мощность дизеля. В таком случае возрастание мощности стопорится посредством маностата MIN, смонтированного на гидравлическом регуляторе и отражающего мощность дизеля по давлению масла. Этот прибор отрегулирован на мощность, примерно на 200 кВт меньшую максимально возможной мощности дизеля (за вычетом мощности на вспомогательные нужды), с тем, чтобы при постановке контроллера в последнюю позицию не превышался предел полной мощности дизеля.

При увеличении электрической нагрузки, например при движении на подъем, дизель все же может достигнуть предела своей мощности. Маностат MAX регулирует работу дизеля, подавая команду перехода на одну позицию вниз с тем, однако, чтобы тяговая мощность оставалась относительно постоянной. Разница между позициями MIN и MAX составляет порядка 200 кВт.

Требования к новому оборудованию

Такой довольно сложный способ регулирования можно все же использовать и после ремоторизации путем развития интерфейса для обеспечения возможности адаптации штатных электромеханических устройств к компьютеру нового дизеля.

При этом наиболее предпочтительным является применение средств промышленной автоматики по следующим причинам:

- разработка специфического оборудования для 30 локомотивов может оказаться длительной, рискованной и дорогостоящей вследствие малой серийности;
- автоматы промышленного применения имеют широкое распространение, испытаны и проверены на практике, их гораздо проще приспособить к выполнению требуемых функций, если первоначальные характеристики не совсем удовлетворительны;
- вычислительная мощность современных средств промышленной автоматики позволяет выполнять требуемые функции лучше, чем при использовании старых электромеханических релейных устройств; кроме того, их надежность выше, а техническое содержание менее трудоемко;

• в случае необходимости автоматы можно относительно просто модифицировать путем логической адаптации и добавления нужных входов и выходов при незначительных затратах.

После того как сделан принципиальный выбор, было необходимо сформулировать точное техническое задание, чтобы составить карточку-заявку на заказ.

Помимо регулирования нагрузки дизеля, автоматы должны выполнять следующие функции:

- регулирование температуры воды в системе охлаждения дизеля с помощью вентиляторов;
- управление сервомоторами скорости и ослабления поля;
- управление подогревателем газа;
- управление системой отопления вагонов поезда.

Конкурс был объявлен на основе заявки, в которой указаны следующие основные требования:

- модульное исполнение;
- возможность регулирования генератора, возбуждения генератора и температуры;
- возможность управления ослаблением поля;
- возможность независимого мониторинга состояния дизеля;
- возможность изменения ряда параметров в ходе неизбежной отладки для данного конкретного применения;
- гибкость, допускающая постепенное внедрение с устранением на втором этапе сервомотора ослабления поля;
- достаточное быстродействие, обеспечивающее точность регулирования;
- ограниченные габариты (в пределах 400×400×950 мм) для установки на место сервомотора скорости;
- питание напряжением 72 В согласно нормам NF01510 (от 45 до 90 В);
- наличие 35 + 20 % входов типа «все или ничего» (TOR);
- наличие 25 % выходов того же типа TOR;
- время срабатывания 20 мс.

Таблица 1

Режимы работы дизеля AGO V16 ESHR

Позиции контроллера	Частота вращения дизеля, об/мин
0	550
1 и 2	670
3 и 4	790
5 и 6	910
7 – 9	990
10 – 13	1110
14 – 19	1230
20 – 35	1350

Выполнение заказа

В конкурсе участвовали четыре компании-изготовителя. Предложения были очень разными как по цене (стоимость варьировалась в соотношении 1 к 4), так и по техническим решениям. В результате была выбрана компания Société Sélectron, швейцарский филиал компании Schneider.

Предложенный компанией автомат представляет собой новое для SNCF решение, заключающееся в исполнении автомата в виде модулей, подключаемых к шине DIN. Модульность обеспечивает как простоту монтажа, так и возможность развития.

Автомат подключается также к шине CAN, что обеспечивает возможность совместного функционирования автоматов, установленных на нескольких локомотивах, например при управлении по системе многих единиц.

На ремонтном заводе SNCF в Катр-Маре был смонтирован опытный образец шкафа с автоматом и относящейся к нему аппаратурой, в том числе устройством АМЕ повторного включения. Для испытаний в реальных эксплуатационных условиях шкаф установили на тепловоз СС 72063, который использовался в поездной работе в течение нескольких месяцев. Испытания дали удовлетворительные результаты, и это позволило также оценить в принципе логическую часть системы управления и регулирования, так что оставалось только интегрировать эту часть в новый автомат.

Второй модифицированный шкаф с новыми средствами автоматизации во втором квартале 2002 г. установили на тепловоз СС 72048.

В монтаже и испытаниях участвовали специалисты Schneider. Их задача состояла в адаптации автомата таким образом, чтобы его взаимодействие с другими системами происходило так же, как в комплекте штатного оборудования CREA. Для этого поставщиком была выполнена программа измерений на серийном локомотиве для определения функциональных характеристик оборудования CREA по параметру коэффициента регулирования PI (интегральная пропорциональность). Одновременно подобным же образом провели испытания и параметризацию устройств для регулирования температуры воды.

В ходе сопутствовавших стационарных испытаний было уточнено быстродействие системы управления.

Напряжение на серийных тепловозах 72000 задается с помощью сервомотора скорости через мостовую потенциометрическую схему. Переход с одной позиции контроллера на другую происходит за 1,2 с.

Режим работы штатного дизеля изменяется, как показано в табл. 1.

С процессом замены дизеля связаны следующие проблемы:

- максимальная частота вращения дизеля 16 PA4-200 VGA равна 1500 об/мин;

- наращивание мощности штатного и нового дизелей в рабочем режиме происходит по-разному: дизель AGO V16 ESHR имеет большую мощность на промежуточных позициях, хотя номинальная мощность обоих дизелей одинаковая;

- к тому же по экологическим соображениям (в переходных режимах повышенной интенсивности выделение загрязняющих веществ увеличивается) выход дизеля 16 PA4-200 VGA с нуля на полную мощность происходит медленнее, чем дизеля AGO V16 ESHR (в течение 45 с).

Отсюда следует, что требуемая по условиям ведения поезда электрическая мощность на тягу возрастает намного быстрее по сравнению с возможностями дизеля обеспечить эту мощность, так что наращивание мощности автоматически блокируется. Это несовместимо с условием неизменности порядка управления тепловозом и не соответствует оптимальной работе локомотива. Кроме того, при постановке контроллера в 14-ю позицию появляются выхлопы черного дыма.

В этом отношении новый автомат показал свои преимущества с точки зрения приспособляемости. Действительно, при изменении временных уставок дизеля 16 PA4-200 VGA по реакции на электрически задаваемые позиции контроллера дизелю в переходных режимах предоставляется возможность без проблем выходить на требуемую мощность, так что удовлетворительное решение по отладке совместной работы дизеля и электрооборудования тягового привода, можно сказать, было найдено. Это иллюстрирует табл. 2.

Теперь для настройки гидравлического регулятора, которая на тепловозах СС 72075 и 72044 осуществлялась методом проб и ошибок в течение двух недель, требуется только 2 мин работы на клавиатуре компьютера.

Испытания

Типовые испытания и приемка дизеля

С целью подтверждения того, что новые дизели полностью отвечают поставленным требованиям, первый из них подвергли типовым испытаниям.

Испытания дизеля 16 PA4-200 VGA (заводской номер 7526) были проведены на испытательном стенде завода компании SEMT Pielstick в Сен-Назере в апреле 2002 г.

В ходе испытаний проверяли следующие показатели:

- технические характеристики (мощность, крутящий момент и т. д.);

Таблица 2

Переходные режимы работы дизеля 16 PA4-200 VGAA

Позиции контроллера	Частота вращения дизеля, об/мин	Время перехода с позиции на позицию, с
0	700	—
1 – 2	814	1,2
3 – 4	928	1,2
5 – 6	1042	1,2
7 – 8	1270	2,0
9 – 14	1384	2,0
15 – 17	1384	1,2
18 – 35	1500	1,2

- теплотехнические характеристики (расход топлива);
- уровень загрязняющих выбросов.

Эти испытания позволили также зафиксировать работу дизеля в разных режимах регулирования и определить величины различных измеренных параметров с целью установления критериев приемки серийных дизелей.

Испытания для проверки соответствия

Первый комплект оборудования с новым дизелем был смонтирован на тепловозе СС 72048, который получил новый номер СС 172148 (были изменены номера всех тепловозов, прошедших ремоторизацию). Следует отметить, что этот тепловоз был также первым, оформленным в соответствии с дизайном в стиле *en voyage*, принятом для подвижного состава, используемого в дневных пассажирских сообщениях.

С целью проверки технических характеристик этот тепловоз в июле 2002 г. прошел комплексные испытания на заводе в Катр-Маре, а затем в августе того же года был направлен в депо Кюльмон-Шаллиндре, где сначала осуществили его обкатку, а затем использовали для вождения поездов в обычных эксплуатационных условиях.

Испытания на соблюдение экологических требований МСЖД

Эти испытания были проведены в июле 2002 г. Результаты измерений позволили удостовериться в существенном превосходстве нового дизеля по сравнению со штатным по каждому из четырех видов загрязнений окружающей среды (табл. 3 и 4).

Как видно, фактический эффект замены дизеля оказался выше расчетного (за исключением содержания оксидов азота), и особенно ощутимым было уменьшение содержания твердых частиц (сажи). Следует отметить, что получению столь благоприятных результатов способствовало применение улучшенного дизельного топлива марки TBTS.

Таблица 3

Содержание загрязнений в выхлопных газах штатного и нового дизелей

Дизель	Вид и выделение загрязнений, кг/сут			
	Оксиды углерода	Углеводороды	Оксиды азота	Твердые частицы
AGO V16 ESHR	37,5	10,1	108,4	6,6
16 PA4-200 VGAA	10,8	2,5	69,6	1,1

Таблица 4

Уменьшение выделения загрязнений в выхлопных газах нового дизеля по сравнению со штатным, %

Эффект	Вид загрязнения			
	Оксиды углерода	Углеводороды	Оксиды азота	Твердые частицы
Расчетный	– 40	– 59	– 49	– 44
Фактический	– 71	– 76	– 36	– 84

Таблица 5

Измененные переходные режимы работы дизеля 16 PA4-200 VGA

Позиции контроллера	Частота вращения дизеля, об/мин	Время перехода с позиции на позицию, с
0	700	–
1 – 2	814	1,2
3 – 4	928	1,2
5	1042	1,2
6	1042	2,0
7 – 8	1270	2,0
9 – 11	1270	1,2
12 – 14	1384	2,0
15 – 16	1384	2,0
17 – 35	1500	1,2

Реализация программы

Первый ремоторизованный тепловоз СС 172148 был введен в регулярную эксплуатацию 6 августа 2002 г. Опыт его использования пригодился, когда начиная с мая 2003 г. стали поступать очередные ремоторизованные тепловозы серии СС.

Летняя жара позволила удостовериться в надежной работе новых дизелей и связанной с ними элект-

ронной аппаратуры на локомотивах, возраст которых превышал 30 лет.

Вместе с тем по мере увеличения численности ремоторизованных тепловозов проявилась одна неблагоприятная тенденция. Характер регулирования работы топливных насосов обуславливал неудовлетворительное поведение новых дизелей в тот момент, когда обнаруживалось рассогласование требуемой и выдаваемой мощности на тягу, причем недостаток мощности достигал 300 кВт, и дизели из-за перегрузки отключались, а регулировка с помощью маностатов MIN и MAX не устраняла это явление.

В сентябре 2003 г. были проведены стендовые испытания, в результате которых специалистам SEMT Pielstick и завода в Катр-Маре удалось найти решение этой трудной проблемы за счет более точной отладки маностатов MIN и MAX с приведением их в соответствие с фактическими режимами работы насосов.

Правильность этого решения была подтверждена в процессе новых совместных испытаний на тепловозе СС 72157 в начале декабря 2003 г. Кроме того, стало возможным еще раз изменить временные уставки дизеля 16 PA4-200 VGA, что позволило сократить время выхода на полную мощность до 35 с (табл. 5).

Как видно, ремоторизация не ограничивается простой заменой дизелей. При этом необходимо пересмотреть весь комплекс функционирования локомотива, чтобы удостовериться в сохранении или улучшении его характеристик и знать, какие эволюционные изменения требуется предусмотреть.

Следует также отметить, что данное мероприятие потребовало тесного взаимодействия и обратных связей между компаниями — поставщиками самих дизелей, относящегося к ним механического и гидравлического оборудования, а также электрооборудования и электронной аппаратуры.

Ремонтный завод в Катр-Маре разработал график работ по ремоторизации тепловозов с темпом выпуска, равным двум локомотивам в месяц, и завершением работ в июне 2004 г. Работы выполнялись как в совмещении с капитальным ремонтом, так и отдельно по специально разработанному производственному процессу. Общая продолжительность простоя тепловоза в ремоторизации при наибольшем объеме работ составляла 44 сут.