

# Турботепловоз серии 210

**В сентябре 1970 г. компания Krupp Maschinenfabriken (г. Эссен) поставила первый турботепловоз серии 210 бывшим Государственным железным дорогам ФРГ (DB). Приемка заказанных в апреле 1969 г. восьми единиц подвижного состава этого типа была поручена ремонтному заводу DB в Нюрнберге. Программа приемки включала в себя, кроме стендовых испытаний, проводимых с целью проверки функционирования отдельных систем, также опытные поездки с составами из порожних, а затем груженых вагонов. Для испытательных поездок с груженными вагонами использовали находившиеся в то время в депо в Нюрнберге четырехосные обогреваемые цистерны.**

Заключительная испытательная поездка локомотива 210 001 проводилась в начале октября 1970 г. на скоростном участке линии Форххайм — Бамберг в направлении Марктшоргаста. Достигнутая в этой поездке максимальная скорость 162 км/ч подтвердила соответствие локомотива техническим условиям, в частности в отношении конструктивной скорости, принятой равной 160 км/ч. Тем не менее на этот локомотив, как и на два следующих (210 002 и 210 003), было выдано лишь предварительное свидетельство о приемке с указанием максимальной скорости 140 км/ч, так как на установленных цельнокатаных колесах при проверке ультразвуком были обнаружены незначительные дефекты. Все остальные локомотивы были уже оборудованы бандажными колесами и сразу же получали допуск к эксплуатации с максимальной скоростью 160 км/ч.

Первые семь локомотивов были оборудованы многослойными резиновыми рессорами (Megi) в первой ступени рессорного подвешивания и системой опирания кузова без скользунов. В ходе приемочных испытаний у этих локомотивов на скорости выше 140 км/ч отмечалось некоторое ухудшение плавности хода за счет вертикальных колебаний, которые необъяснимым образом переставали ощущаться на опытном участке пути с жестким основанием между Форххаймом и Бамбергом.

После того как в начале декабря 1970 г. без каких-либо сложностей прошли приемочные испытания локомотива 210 004 на скорости до 160 км/ч, изготовители и испытатели обсудили возможность увеличения в ходе приемочных испытаний турботепловозов скорости выше 165 км/ч на испытательном участке между Форххаймом и Бамбергом, на котором верхнее строение пути поддерживается в очень хорошем состоянии и по которому испытываемый электрический тяговый подвижной состав проходит со скоростью до 200 км/ч. У компании-разработчика была запрошена информация по предельно допустимой частоте вращения элементов тягового привода. По данным изготовителей, превышение номинальной частоты вращения в пределах 25 % по отношению к расчетной не является критическим. После этого были разработаны меры по предотвращению нежелательного в данном случае срабатывания устройств защиты от превышения частоты вращения и заново определены моменты срабатывания тормозной системы, чтобы не перегружать колodочный тормоз, взаимодействующий с бандажными колесами.

Во второй половине декабря 1970 г. был составлен неофициальный график испытательной поездки турботепловоза 210 006 от Нюрнберга до Штруллендорфа с порожним составом. В этой поездке, как показал последующий ана-

лиз записи индуктивного автостопа, была беспрепятственно достигнута скорость 196 км/ч. При испытательной поездке на следующем локомотиве 210 007, состоявшейся в середине января 1971 г. в условиях туманной и пасмурной погоды, максимальная скорость составила 178 км/ч. Дальнейшее повышение скорости не производилось по ряду организационных причин.

Турботепловоз 210 008, единственный из восьми локомотивов, имеющий тележку серии 215 с поводками, для заключительного приемочного испытания при движении резервом был дополнительно оборудован градуированным тахометром с расширенным диапазоном измерения, отклонение которого составило +3 км/ч при 200 км/ч. Таким образом, появилась возможность точнее контролировать скорость еще до обработки результатов записи индуктивного автостопа.

В конце января 1971 г. при солнечной погоде с температурой воздуха 9 °С была снова предпринята поездка между Форххаймом и Штруллендорфом, при которой была достигнута максимальная скорость 203 км/ч. Таким образом, локомотив 210 008 стал самым быстроходным турботепловозом в Германии. Соответствующие записи индуктивного автостопа этого локомотива, а также локомотива 210 006 хранятся в архиве.

## Повышение мощности тепловозов

В конце 1960-х годов конкуренция со стороны автомобильного транспорта вызвала необходимость в повышении качества предлагаемых услуг в дальнем железнодорожном сообщении. Необходимо было также сократить время хода поездов на неэлектрифицированных участках за счет увеличения ускорения при разгоне и использования участков с разрешенной скоростью до 160 км/ч. Это означа-



Тепловоз серии 218, получивший серийное обозначение 210 после дооборудования газовой турбиной

ло, что существовавшие на тот момент тяговые агрегаты обладали недостаточной мощностью и низкой частотой вращения.

В августе 1968 г. был объявлен конкурс на разработку скоростных тепловозов со скоростью до 160 км/ч и с установленной мощностью 2500 кВт, распределяемой между четырьмя осями. Позднее появились предложения о создании шестиосных локомотивов мощностью 3700 кВт. Забегая вперед, можно сказать, что, несмотря на долгие споры, до строительства шестиосных локомотивов дело так и не дошло, так как имелись большие сомнения по поводу экономической эффективности их применения. Что касается требований повышения мощности, то лица, ответственные за принятие решений по этому вопросу, не видели достаточно широкой сферы ее применения и поэтому решили снова вернуться к двойной тяге. Возможность использования участков с разрешенной скоростью 160 км/ч полностью игнорировали, несмотря на то что таких участков довольно много (например, в Южной Германии Гельтендорф — Бухлоэ — Мемминген или Ульм — Биберах).

Примерно в то же время на Федеральных железных дорогах Швей-

царии (SBB) усиливалась тенденция к внедрению электрического отопления поездов на линии Мюнхен — Цюрих. Однако замена использовавшихся на этой линии тепловозов серии 221, оборудованных двумя дизелями и паровой системой отопления вагонов, однодизельными тепловозами серии 218, имеющими один дизель и электрическую систему отопления, но меньшую тяговую мощность, была бы возможна только при двойной тяге, чтобы не увеличивать и без того большое время хода поездов. В данном конкретном случае по вполне обоснованным экономическим причинам возникли сомнения в целесообразности использования двух локомотивов с одним составом. В связи с этим было принято решение увеличить тяговую мощность тепловозов серии 218 за счет дополнительной установки на них газовой турбины. Эксплуатируемый парк этих локомотивов составлял 12 ед. Дооборудованный турбиной тепловоз этой серии обеспечивал питание системы электрического отопления поезда с установленной мощностью 400 кВт·А. Благодаря этому удалось избежать разработки совершенно нового тепловоза повышенной мощности. Риск, связанный с эксплуатацией газовой турбины, оце-

нивался как минимальный, так как с конца 1965 г. в опытной эксплуатации находился оборудованный турбиной тепловоз V 169 001 (позднее 219 001), показавший удовлетворительные результаты.

Модификацией локомотивов серии 218 (рисунок) стал турботепловоз серии 210 с дизелем V6V 23/29 TL компании MAN и гидравлической передачей компании Voith базовой серии L 820 Brs с двухконтурным преобразователем и гидродинамическим тормозом. Известная в вертолетостроении газовая турбина T 53-L 13 компании AVCO Lycoming, изготовленная по лицензии фирмой Klöckner-Humboldt-Deutz номинальной мощностью 845 кВт со встроенным редуктором, была перестроена для работы на дизельном топливе. Крутящий момент от этой турбины через вал, зубчатые муфты с дугowymi зубьями и установленный на передаче Voith дополнительный преобразователь передается на вторичную сторону гидропривода. Остальная часть тягового тракта осталась без изменения. Систему автоматизированного управления газовой турбиной скомпоновали в отдельном шкафу.

Служебная масса локомотива серии 210 увеличилась по сравнению с локомотивом серии 218 всего на 2% и составила 79,5 т, в то время как тяговая мощность на выходе передачи возросла почти на 50% и достигла 1813 кВт. В экипированном состоянии максимальная осевая нагрузка турботепловоза не превышает 20,7 т. Общие дополнительные затраты на переоборудование восьми тепловозов, оценивавшиеся в то время в марках ФРГ, составили 5 млн. Таким образом, на каждый локомотив пришлось около 625 тыс. нем. марок. Относительно низкой величине отношения массы к мощности турбины, составлявшей 1,8 кг/кВт (примерно в три раза меньше, чем у дизельных двигателей того времени), противостояла примерно вдвое более высокая удельная стоимость, равная

700 нем. марок/кВт. Это объясняется использованием специальных материалов, более жесткой системой допусков и повышенными затратами на изготовление.

### Ввод в эксплуатацию и доработка

Все восемь доработанных локомотивов серии 210 поступили в депо станции Кемптен и эксплуатировались в основном на линии Allgäubahn. Через несколько недель после ввода в эксплуатацию в марте 1971 г. на локомотиве 210 002 произошел отказ в системе регулирования турбины, которая была повреждена в результате превышения допустимой частоты вращения. После того как через два дня произошло такое же повреждение на первом газотурбинном моторном вагоне 602 012 с последующим возгоранием в машинном отделении, все находящиеся в эксплуатации газовые турбины были отключены. Компания-разработчик занялась доработкой систем регулирования и защиты, направленной, в частности, на сокращение времени срабатывания при отключении привода, устранение электрических помех, особенно от цепи зажигания, и разработку центробежных быстродействующих выключателей с запорным клапаном для перекрытия подачи топлива.

В конце августа 1971 г. первая усовершенствованная турбина была вновь установлена на локомотив 210 001. Установка турбин на остальные была произведена в августе-сентябре того же года. До такого же технического уровня были доведены и два резервных тяговых агрегата.

До конца 1971 г. все восемь локомотивов были также оборудованы заборниками отработавших газов. Даже при работе турбины на холостом ходу температура отработанных газов была настолько высокой (от 420 до 450 °С), что во время стоянки локомотива под контактной сетью провода подвески разуп-

рочнялись, что вело к серьезным авариям на контактной сети. После длительных исследований в 1971 г. было найдено конструктивное решение, при котором обеспечивался надежный отвод потока отработавших газов от контактного провода. Газозаборник был выполнен таким образом, что практически при любом режиме нагрузки поток отработавших газов пробивал так называемый пограничный слой воздуха (над поверхностью подвижного состава) и отводился от поезда вверх. Однако при сильном ветре сбоку или сверху могло случаться так, что в установки кондиционирования воздуха идущих в составе поезда пассажирских вагонов попадали отработанные газы.

В конце января 1972 г. на локомотиве 210 001, двигавшемся с составом в направлении Линдау, произошло возгорание топлива в глушителе турбины. При этом сработала пожарная сигнализация на пульте управления в кабине машиниста. Обследование показало, что причина была в непродуманной конструкции глушителя, позволявшей скапливаться остаткам топлива.

Постепенно путем последовательной доработки удалось устранить все слабые места. Были реализованы следующие усовершенствования:

- обеспечено более быстрое срабатывание системы управления (в пределах 65 мс) при сбросе нагрузки;
- достигнута более высокая точность в контроле частоты вращения турбины при помощи двух электрических систем с термостойкими датчиками частоты вращения;
- применены улучшенные угольные уплотнительные кольца главного турбонагнетателя, срок службы которых вначале составлял не более двух инспекционных периодов (или 400 ч);
- заменен вал с зубчатыми муфтами, соединяющий турбину с редуктором, на карданный вал с шаровыми шарнирами.

К тому времени был также проведен анализ эксплуатационных характеристик и результатов технического обслуживания локомотивов. При средней годовой наработке локомотива 2250 ч средняя наработка турбины составила 600 ч, причем 40 % этого времени приходилось на режим холостого хода. Среднее число пусков, происходящее на один час эксплуатации, не превысило 2,5, а число переходов между режимами холостой ход — нагрузка за это же время оказалось приблизительно равным 12. Тепловые знакопеременные нагрузки турбины при этом оказались примерно в 3 раза большими, чем на вертолетах.

Общий расход дизельного топлива на локомотивах составлял в среднем 340 л на 100 км. Из них 75 л приходилось на турбину. Таким образом, повышение тяговой мощности на 50 % сопровождалось увеличением на 28 % расхода топлива.

Системой технического обслуживания предусматривался осмотр механизмов тягового привода через каждые 200 ч. Расширенное инспектирование проводилось через 600 ч, а контроль нагрева компонентов — через 1000 ч. При определении интервала между капитальными ремонтами с разборкой механизмов привода изготовитель указал сначала 2000 ч, затем решил продлить этот срок до 3000 ч. Однако регулярные проверки механизмов привода показали, что с 1973 г. стали появляться многочисленные трещины в области направляющих лопаток компрессора и рабочей турбины. Эти трещины появлялись в наиболее нагруженных местах, несмотря на использование современных титановых сплавов, и могли привести к усталостному разрушению. Единственным способом исправить положение в данном случае было бы внесение серьезных изменений в конструкцию, чтобы противостоять высоким переменным тепловым нагрузкам, с которыми приходится иметь дело на железнодоро-

рожном подвижном составе. Однако ввиду небольшого числа турбин, используемых на железнодорожном подвижном составе, этот способ с самого начала был признан неприемлемым как некупаемый. Таким образом, пришлось примириться с тем, что системы турбины и в дальнейшем должны через каждые 2000 ч подвергаться капитальному ремонту на заводе-изготовителе и что расходы на текущее содержание по-прежнему останутся на высоком уровне.

За последние 7 лет эксплуатации расходы на текущее содержание одного локомотива в среднем составили 1600 нем. марок на 1000 км пробега. Из этой суммы 275 марок приходилось на текущее содержание газовой турбины и ее системы управления. Сравнить эти расходы с расходами на текущее содержание какого-нибудь традиционно тепловоза DB не было возможности, так как в то время просто не существовало тепловоза со сравнимой тяговой мощностью и электрической системой отопления. В связи с этим лишь в качестве ориентировочной величины была указана сумма расходов на текущее содержание стандартного магистрального тепловоза DB серии 218, которая составляла примерно 800 марок на 1000 км пробега.

В дальнейшем было обнаружено еще одно обстоятельство, осложняющее более широкое внедрение турботепловозов. Уже с 1972 г. в сообщении между Мюнхеном и Цюрихом стали все больше вводить в эксплуатацию пассажирские вагоны, оборудованные установками кондиционирования воздуха, характеризующимися повышенным потреблением энергии. В тяговом режиме локомотивы серии 210 отдавали в электрическую магистраль поезда для этих целей мощность, равную 360 кВт, которой было достаточно в общей сложности только для шести вагонов, включая вагон-ресторан. Для большего числа вагонов требовалась двойная тяга,

несмотря на то что тяговой мощности еще было бы достаточно. В связи с этим терял свою силу один из основных аргументов в пользу экономической эффективности локомотивов серии 210.

### **Завершение периода применения газовых турбин**

В 1978 г. явно обозначился конец периода применения турботепловозов. После аварии на локомотиве 210 003 в марте 1978 г. с поломкой рабочего колеса турбины и полным выходом из строя всего тягового привода все турбины с 1 апреля 1978 г. были изъяты из эксплуатации. Летом 1978 г. их оборудовали новыми рабочими колесами (в первой ступени) и снова ввели в эксплуатацию. Однако цепочка аварий на этом не закончилась. В последний день 1978 г. на одном из локомотивов, находившемся в составе в районе станции Фюрстенфельдбрукк, произошло разрушение рабочего колеса центростремительного компрессора. Осколки колеса пробивали корпус компрессора и повредили проходивший под ним топливопровод, что привело к пожару в машинном отделении.

В качестве причины обеих аварий 1978 г. было признано усталостное разрушение в различных местах турбинного привода задолго до достижения предусмотренного срока. В результате турбины были снова выведены из эксплуатации.

В мае 1979 г. ответственный за обслуживание локомотивов Центр по исследованиям и материально-техническому снабжению DB в Мюнхене предложил отказаться от дальнейшей эксплуатации газовых турбин. Главное управление DB приняло это предложение. В том же году были сняты с эксплуатации также газотурбинные моторные вагоны серии 602. Этим закончился период использования газотурбинной тяги на DB.

Таким образом, можно с уверенностью сказать, что с помощью ави-

ационного тягового привода, лишь в незначительной степени адаптированного для условий эксплуатации на железной дороге, нельзя в полной мере реализовать его эксплуатационную надежность ввиду трехкратного превышения тепловых переменных нагрузок, обусловленных условиями железнодорожной эксплуатации.

### **Дальнейшая судьба локомотивов**

Все восемь локомотивов с отключенными турбинами и новыми рабочими номерами (218 901 – 218 908) оставались в эксплуатации в Кемптене до конца 1983 г. с ограничением максимальной скорости движения до 140 км/ч. В период с 1980 по 1981 г. турбины были демонтированы на ремонтном заводе в Нюрнберге, а вместо них на локомотивах установлен балласт для сохранения правильного распределения массы.

После этого из Кемптена локомотивы были переданы в Брауншвайг. В марте-апреле 2004 г. в Магдебурге были разобраны локомотивы 218 905 и 218 908. Остальные шесть тепловозов, находившихся в отстое в Брауншвайге, в феврале 2005 г. были доставлены в Ганновер, где находились в отстое в ожидании утилизации.

Номер серии 210 был снова использован на DBAG летом 1996 г. Двенадцать тепловозов серии 218 с порядковыми номерами с 430 по 434 и с 456 по 462 были оборудованы для движения со скоростью до 160 км/ч и получили серийное обозначение 210. Эти тепловозы, приписанные к депо в Любеке, предназначались для ведения поездов в режиме двойной тяги со временем хода менее 3 ч между Берлином и Гамбургом, так как срок электрификации этой линии еще не был окончательно определен.