

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ТЕПЛОВОЗНЫХ ХОЛОДИЛЬНИКОВ*

А. П. ТРЕТЬЯКОВ

Кафедра Подвижных составов Будапештского Технического Университета

(Поступило: 6 XII 1974 г.),

Представлено: проф. д-ром К. Хорват

Для освоения растущего грузооборота в нашей стране строится большое количество мощных локомотивов в т. ч. тепловозов. Уже в текущей пятилетке секционная мощность выпускаемых магистральных тепловозов увеличилась с 2000 л. с. до 3000 л. с. В ближайшие годы она возрастет до 4000—6000 л. с. Новое тепловозостроение сопровождается дальнейшим совершенствованием и повышением эффективности отдельных узлов и в целом тепловозов.

Одним из важнейших узлов тепловозов являются охлаждающие устройства дизелей, которые отводят до 30—33% тепла, вносимого в них топливом. На привод вентиляторов и насосов холодильника современных тепловозов затрачивается 4,5—6,5% номинальной мощности дизеля и примерно 600—800 кг цветного металла на каждые 1000 л. с. дизеля. На новых тепловозах ТЭ109, V-300, ТЭ116, оборудованных дизелями 2Д70 и 5Д49, по сравнению с тепловозами, на которых установлены двигатели 10Д100 выделяется меньше тепла в масло примерно на 45%, в воду на 5% и наддувочный воздух на 20%. Снижения количества тепла на вышеуказанных дизелях объясняется менее интенсивным охлаждением поршней, меньшей поверхностью камеры сгорания, более высоким эффективным к. п. д. и меньшим расходом наддувочного воздуха. Поверхность охлаждения и вес охлаждающих устройств тепловозов с двухтактными дизелями 10Д100 по сравнению с четырехтактными дизелями 2Д70 и 5Д49 больше на 25—35%. Следовательно с точки зрения размеров и веса холодильника прирост секционной мощности необходимо отдать предпочтение четырехтактным дизелям.

За последние годы большое количество научно-исследовательских и Проектных организаций (ВНИТИ, МИИТ, ЦНИИ, ТашиИТ, МВТУ им. Н. Э. Баумана, Брянский институт транспортного машиностроения, Харьковский завод им. В. А. Малышева, Коломенский завод, им. В. В. Куйбышева.

Ворошиловградский завод им. Октябрьской Революции и другие выполнили многочисленные работы, преследующие цель снизить существующие

* Статья была прочитана в форме лекции на Кафедре Подвижных составов железных дорог БТУ, 4 ноября 1974 г., при пребывании автора на кафедре.

большие затраты мощности и цветных металлов на холодильник, уменьшить габариты охлаждающих устройств и увеличить эксплуатационную надежность теплообменных аппаратов. Созданы теоретические работы, позволяющие более точно определять параметры теплообмена, гидравлических и аэродинамических сопротивлений. Выполнены теоретические исследования и практические разработки систем автоматического управления числом оборотов вентилятора холодильника в зависимости от температуры горячих теплоносителей. Эти системы нашли применение на всех современных тепловозах.

В области уменьшения аэродинамического сопротивления всего воздушного тракта холодильника были выполнены большие работы филиалом ВНИТИ при Ворошиловградском тепловозостроительном заводе, МИИТ-ом, ЦНИИ и другими организациями. Это способствовало некоторому снижению затрачиваемой удельной мощности на вентилятор у тепловозов ТЭ109 и V-300 по сравнению с 2ТЭ10Л.

Снизился удельный вес затрат цветного металла и уменьшились габариты холодильников современных тепловозов в связи с тем, что при проектировании и расчетах теплообменных аппаратов применены более эффективные исходные параметры теплоносителей, а также радиаторов. Применение на тепловозах секций с шагом оребрения 2,3 мм вместо 2,81 мм дало возможность уменьшить габариты холодильника на 15—20% и значительно снизить его вес.

Повысилась надежность систем охлаждения в связи с тем, что за последнее время на отечественных тепловозах применяются исключительно схемы с водомасляным охлаждением: масло дизеля (гидропередачи) охлаждается в маслоохладителях водой.

На большинстве отечественных тепловозов (2ТЭ10Л, ТЭП10Л, ТЭП60 и др.) применяется двухконтурная схема охлаждения. В этом случае для охлаждения воды дизеля и воды, охлаждающей масло и наддувочный воздух, имеются автономные контуры. В последнее время получила распространение одноконтурная схема охлаждения (ТЭ109, 300). Масло дизеля и наддувочный воздух охлаждаются водой дизеля. Одноконтурная система охлаждения отличается простотой — меньшей протяженностью трубопроводов, наличием лишь одного водяного насоса. Регулирование теплового процесса упрощается и осуществляется лишь по одному параметру — температуре воды. Однако при применении этой системы невозможно осуществлять раздельное регулирование температуры теплоносителей.

Для повышения температур воды и масла при работе двигателя на малых нагрузках на опытных тепловозах 2ТЭ10Л, ТЭ10Л и ТЭ116 применен перепуск теплоносителей.

Проведены большие исследования в области применения высокотемпературного водяного охлаждения дизелей, регулирования температур наддувочного воздуха, на частичных нагрузках и другие.

Выполнены многочисленные исследования в области влияния на теплообмен ряда эксплуатационных факторов (загрязнение межреберных промежутков, смятие ребер, заглушение и укорочение трубок при ремонте, сверхдопустимые зазоры между секциями, заплывание припоем отверстий трубок в коллекторе секций и другие) которые снижают теплообмен на 15—20%.

Однако несмотря на большую научную и практическую работу, проделанную научными организациями и заводами в области улучшения систем охлаждения, их современное состояние нельзя признать удовлетворительным. По сравнению с зарубежными тепловозами имеет место превышение затрат цветных металлов и мощности на привод вентиляторов, увеличение габаритов холодильника.

Дальнейшее увеличение секционной мощности тепловозов до 4000—6000 л. с. и увеличение в связи с этим тепловыделения в холодильник ставит задачу необходимости повышения интенсификации теплообмена теплообменных аппаратов и снижения затрат мощности на вентилятор и насосы систем охлаждения.

К перспективным направлениям развития холодильников, тепловозов с высокой мощностью дизелей относятся:

а) Создание более совершенных и принципиально новых систем охлаждения.

б) Модернизация охлаждающих устройств эксплуатирующихся тепловозов.

в) Улучшение эксплуатации тепловозных холодильников.

Создание более совершенных и принципиально новых систем охлаждения необходимо осуществлять за счет внебрения выхотемпературного охлаждения, разработки высокоэффективных водомасляных теплообменников и водовоздушных секций, улучшении аэродинамики тепловозного холодильника, автоматическое регулирование выбора эффективных температур теплоносителей, исследование проблемы применения непосредственного воздушного охлаждения дизелей, разработка мероприятий, способствующих интенсификации теплообмена тепловозных холодильников при температурах воздуха выше $+40^{\circ}\text{C}$ и т. п.

Разработка проблем, связанных с созданием высокотемпературного охлаждения дизелей. Высокотемпературное охлаждение тепловозных дизелей находит широкое применение во Франции, США, Англии и других странах. Большинство тепловозов с таким охлаждением имеют два контура циркуляции воды: высокотемпературный для охлаждения с температурой воды до 110°C и среднетемпературной для охлаждения масла и наддувочного воздуха дизеля.

Применение высокотемпературного охлаждения тепловозных дизелей по сравнению со среднетемпературным сопровождается следующими положительными свойствами:

1. Уменьшением расхода цветных металлов и значительным снижением затрат топлива (на 1,5—2,5 гр/э, л. с. ч.) на привод вентиляторов и насосов;

2. возможностью создания более компактного и легкого холодильника, что дает возможность свободно размещать его на тепловозах мощностью 4000—6000 л. с. при сохранении заданной нагрузки от колесной пары на рельсы;

3. снижением температурных деформаций в гильзах и уменьшением их разрушений от кавитации и коррозии;

4. увеличением температурного уровня в цилиндрах дизеля при частичных нагрузках и холостых оборотах, что способствует увеличению полноты сгорания топлива и значительному сокращению пропусков вспышек.

Повышение температуры воды до 110—130°C будет сопровождаться увеличением температурного напора в 1,75—2,5 раза. Если принять, что отводимое от дизеля тепло при средне и высокотемпературном охлаждении одинаково, то рост температурного напора при применении высокотемпературного охлаждения можно реализовать тремя путями:

а) Уменьшением поверхности холодильника H , а следовательно и его веса;

б) сохранением размеров поверхности охлаждения и снижением коэффициента теплопередачи и скорости;

в) наиболее эффективным сочетанием первого и второго варианта.

При решении этих задач необходимо иметь в виду, что тепловыделение от дизеля в воду при применении высокотемпературного охлаждения снижается на 15—23%. Рассмотрим достоинства и недостатки выше приведенных вариантов.

Уменьшение поверхности охлаждения происходит обратно пропорционально росту температурного напора. При этом достигается значительная экономия цветного металла. Общее количество секций в холодильнике с учетом снижения тепловыделения в воду может уменьшиться на 20—30%. Однако сокращение поверхности охлаждения сопровождается уменьшением живых сечений для прохода воздуха и воды и повышением их скоростей, а следовательно значительным увеличением затрат мощности на привод вентилятора и насосов. Как известно, рост мощности при турбулентном движении пропорционален кубу скорости.

Сохранение размеров охлаждающей поверхности у того же дизеля, имевшего среднетемпературный холодильник даст возможность значительно снизить скорости теплоносителей, а следовательно и затраты мощности на холодильник. Практически поверхность охлаждения будет также уменьшена на долю снижения тепловыделения от цилиндров дизеля в воду. Этот вариант применим при наличии резервов площадей на тепловозе для размещения холодильника. Но он дает большой экономический эффект за счет снижения эксплуатационных затрат на топливо.

При сочетании первого и второго вариантов можно выбрать оптимальное решение.

Оптимальное соотношение между поверхностью охлаждения и затратами мощности на вентилятор является не только технической, но и экономической задачей, т. к. она решается по минимуму эксплуатационных затрат. Например, переход тепловоза ТЭ109 на высокотемпературное охлаждение с температурой воды 120°C позволит получить экономию 1308 000 руб. на каждые 1000 условных тепловозов. В отдельных случаях выбор варианта холодильника решает не экономика, а наиболее выгодная компоновка охлаждающего устройства.

К нерешенным вопросам проблемы применения высокотемпературного охлаждения, требующим дальнейшего исследования и проработки проектно-конструкторских организаций, в первую очередь относятся:

1. Рост теплового состояния цилиндра-поршневой группы. Наиболее характерной (с точки зрения длительной и надежной работы колец) следует считать температуру головки поршня над канавкой первого уплотнительного кольца и температуру гильзы цилиндра в зоне остановки первого кольца при нахождении поршня в ВМТ.

2. Увеличение дополнительного теплоотвода в масло. Явление это нежелательно потому, что повышается температура масла, снижается его вязкость, интенсифицируется процесс старения масла и увеличивается его расход на угар.

3. Вероятность нарушения уплотнения между гильзой цилиндра и его рубашкой.

Эти нерешенные проблемы свидетельствуют о необходимости продолжения широких эксплуатационных испытаний тепловозов, а также стендовых установок, оборудованных системой ВТО. Эти исследования и конструкторские разработки должны проводиться в следующих направлениях:

1. Выбор смазочного масла, которое должно значительно уменьшить угар и не нарушать свои физико-химические свойства.

2. Возможность применения раздельной подачи масла для смазывания поршня и других трущихся частей.

3. Выбор конструкции уплотнения гильзы в ее рубашке.

4. Проведения более длительных испытаний секций холодильника и выявление путей их упрочнения.

5. Разработка технологии обработки гильз и колец по более высокому классу точности для сохранения неразрывности масляной пленки.

Разработка и внедрение высокоэффективных теплообменников, а также создание их типоразмерного ряда. При разработке таких теплообменников необходимо использовать исследования ВНИТИ и МИИТа по применению в теплообменниках оребренных трубок и турбулизаторов.

Совершенствование конструкции существующих водовоздушных сек-

ций за счет снижения толщины трубок, оптимизации расположения трубок и параметров оребрения, внедрения более эластичных, поглощающих температурные напряжения, коллекторов, улучшение технологии изготовления и применения более легкоплавких припоев. При переработке существующих воздушных радиаторов необходимо учесть исследования по оптимизации оребрения МИИТа и ЦНИИ по влиянию на теплообмен смещения трубок по направлению воздушного потока (ЦНИИ), по применению ленточного оребрения (Брянский институт) и другие. Необходимо также продолжить работы в области создания алюминиевых секций. Алюминиевые секции, созданные филиалом ВНИТИ дают возможность на 288 кг снизить вес холодильника и на 20% — затраты мощности. Одной из важнейших задач в деле совершенствования водовоздушных секций является создание блочных конструкций водовоздушных холодильников и их типо-размерного ряда.

Улучшение аэродинамики холодильника за счет: уменьшения аэродинамического сопротивления шахт и снижения потерь с выходной скоростью путем осуществления более равномерного воздушного потока. Необходимо разработать методику аэродинамических исследований холодильников и внедрить ее в практику создания новых тепловозов. В результате исследований филиала ВНИТИ при Ворошиловградском заводе (ВФВНИТИ) и научно-исследовательской лабораторией тепловозных холодильников МИИТа вносятся предложения по дальнейшему аэродинамическому совершенствованию каналов шахт, вентиляторных установок, боковых и верхних жалюзи.

Исследования в ВФВНИТИ показали, что применяемый в тепловозостроении общепромышленный вентилятор УК-2М целесообразно заменить специальным тепловозным вентилятором, например, рассчитанным с учетом тепловозных условий, вентилятор Т-8. Этот вентилятор имеет к. п. д. на 10—13% выше, чем УК-2М.

Аэродинамические характеристики шахт, оборудованных серийной жалюзийной решеткой (с горизонтальными створками), с ростом скорости движения тепловоза ухудшаются: увеличивается коэффициент аэродинамического сопротивления и возрастает неравномерность полей скоростей скорости в характерных сечениях. Особенно ухудшаются характеристики шахт с выштампованными в боковых стенках отверстиями (типа ТЭ109).

Характеристики шахт при росте скоростей движения можно существенно улучшить. ВФВНИТИ рекомендует в этом случае применение жалюзийных решеток с вертикальными створками. При этом предлагаются рациональные конструктивные решения жалюзийных решеток для арочного и У-образного расположения панелей радиаторов. Это дает возможность значительно уменьшить аэродинамические потери в шахтах.

Для тепловозов со скоростями 160 км/ч и выше необходимо определять место расположения панелей радиаторов.

Использование результатов исследований в области улучшения аэродинамики холодильника позволит уменьшить затраты мощности на привод вентиляторов.

Для поддержания эффективных значений температур теплоносителей как при номинальном так и при частичных режимах работы дизеля необходим комплекс исследований различных мероприятий, к которому относится автоматическое обеспечение рационального уровня температур путем его регулирования числом оборотов вентилятора, перепуска воды и масла в обход радиаторов, применение наиболее эффективного способа прогрева систем перед запуском дизеля или на холостых оборотах его вала в зимнее время, прогрева воздуха на частичных режимах работы двигателя и т. п.

Выбор наиболее эффективного привода вентилятором холодильника должен производиться на основе усовершенствования системы автоматического управления, обеспечивающего постоянный заданный уровень температуры теплоносителей. При применении электропривода необходимо добиться снижения его веса и обеспечить плавное изменение числа оборотов вентиляторов. Выбор гидростатического привода должен сопровождаться повышением его надежности.

Для обеспечения необходимого температурного уровня водяной, масляной и топливной систем перед запуском дизеля при длительной стоянке тепловоза и особенно в осенне-зимний период необходим прогрев этих систем. Понижение температурного уровня ниже допустимого может вызвать при запуске дизеля температурные деформации, загустение смазки, а следовательно, резкое увеличение сопротивления и превышение установленного давления в масляных трубопроводах, выделение топливом парафинистых веществ, засоряющих фильтры. Кроме того, переохлаждение цилиндра может уменьшить зазоры между поршнем и гильзой и вызвать выделение серы на стенках гильзы. Все это снизит надежность механизма движения дизеля, трубопроводов и холодильника и будет способствовать увеличению расхода топлива.

Прогрев систем перед пуском дизелей и поддержание установленных температур осуществляется следующими способами:

1. Работой дизеля на холостых оборотах вала;
 2. горячей водой, нагретой в водоподогревательных котлах, которые устанавливались на первых выпусках отечественных тепловозов ТЭЗ, ТЭЮ, ТИП60, ТИМ1, ТГ102, ТПМ1, ТГМЗ и других отдельных тепловозах зарубежной постройки;
 3. подогревателями, установленными на тепловозах и работающими от стационарных деповских устройств (электрические, водяные и паровые).
- При подгоне всей силовой установки длительной работой дизеля на холостых оборотах имеют серьезные недостатки, к которым относятся:
- а) Повышенный износ трущихся деталей из-за разжижения масла вслед-

ствие неполного сгорания. Это в свою очередь сопровождается закоксовыванием поршневых колец и началообразованием в цилиндрах;

б) повышенная коррозия стенок цилиндров из-за отложения на них конденсата сернистых соединений, вызванного понижением температуры воды;

в) большой износ цилиндро-поршневой группы и увеличенный расход топлива. Например, один прогрев холодного дизеля (от 20 до 70°C) равнозначен по износу 30—40 км пробега локомотива с нагрузкой. На режим холостого хода затрачивается до 10% всего расходуемого топлива. Время прогрева составляет 30% от общего времени работы дизеля на холостых оборотах вала. По данным ВНИТИ стоимость прогрева систем дизелями только по топливу составляет 1,0—1,5% от всех эксплуатационных расходов на локомотив.

Все это свидетельствует о том, что для прогрева систем тепловоза и особенно при длительных стоянках в депо необходимо изучать возможность применения других, более эффективных способов.

Одной из важных проблем является разработка дизелей маневровых тепловозов с непосредственнымвоздушным охлаждениемцилиндров. Маневровые тепловозы, на которых установлены дизели с воздушным охлаждением, широко применяются в Англии, ФРГ, ЧССР, США и других странах. Это дает большую экономию в затратах цветного металла и мощности.

Разработка и внедрение мероприятий, позволяющих осуществлять кратковременное повышение теплорассеивающей способности холодильников. Необходимо исследовать возможность применения наиболее эффективных способов повышения скоростей холодного теплоносителя, увлажнения воздуха, введение резервных теплообменных аппаратов и т. п.

Улучшение эксплуатации холодильников тепловозов. В процессе эксплуатации ряд факторов (загрязнение межреберных промежутков, смятие ребер, укорочение и заглушка трубок в процессе ремонта, увеличенные зазоры между секциями и другие) снижают теплорассеивающую способность секций на 15—20% и увеличивают их гидравлические сопротивления на 12—15%. Необходимо разработать и внедрить эффективные методы очистки секций от грязи при техническом осмотре, периодических, подъемочных и заводских ремонтах. Величины пробега между очистками теплообменных аппаратов необходимо обосновать технико-экономическим расчетом.

Резюме

В статье рассматривается эффективное решение системы охлаждения и элементов холодильника мощных тепловозов и маневровых локомотивов (мощностью 2000—6000 л. с.) на экстремальные наружные температуры. Освещаются возможности создания системы охлаждения, пригодной за счет малого веса, малой потребности площади и мощности, а также благоприятного удельного расхода топлива дизелем.