

УДК 621.432

Эреджепов М. К., Абдулгасис А. У.

ВЛИЯНИЕ КАЧЕСТВА ОХЛАЖДАЮЩИХ ЖИДКОСТЕЙ НА РЕСУРС АВТОТРАКТОРНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Аннотация. Реализация заданного ресурса автотракторных двигателей неразрывно связана с качеством охлаждающих жидкостей, используемых в жидкостных системах автотракторных двигателей.

В статье приводятся наработанные в условиях эксплуатации, требования к охлаждающим жидкостям. Охарактеризована пригодность природной воды, как охлаждающей жидкости применяемой для автотракторных двигателей, описаны последствия, вызванные повышенной коррозионной активностью антифризов низкого качества на систему охлаждения. Обоснованы и отмечены основные мероприятия, направленные на снижение коррозионно-накипного воздействия антифризов на жидкостные системы автотракторных двигателей.

Ключевые слова: система охлаждения, ресурс двигателя, свойства охлаждающих жидкостей.

Эреджепов М. К., Абдулгасис А. У.

ВПЛИВ ЯКОСТІ ОХОЛОДНИХ РІДИН НА РЕСУРС АВТОТРАКТОРНИХ ДВИГУНІВ

Анотація. Реалізація заданого ресурсу автотракторних двигунів нерозривно пов'язана з якістю охолодних рідин, які використовуються в рідинних системах автотракторних двигунів.

У статті подаються напрацьовані в умовах експлуатації вимоги до охолодних рідин. Охарактеризовано придатність природної води, як охолодної рідини, яка застосовується для автотракторних двигунів, описано наслідки, спричинені підвищеною корозійною активністю антифризів низької якості на систему охолодження. Обґрунтовано й відзначено основні заходи, спрямовані на зниження корозійно-накипного впливу антифризів на рідинні системи автотракторних двигунів.

Ключові слова: система охолодження, ресурс двигуна, властивості охолодних рідин.

INFLUENCE OF COOLANT LIQUIDS QUALITY ON AUTOMOTIVE ENGINES RESOURCE

Summary. The results of long-term observations on the operation of automotive engines, the analysis of the technical state of parts of cooling systems of automotive engines, incoming repair, including radiators and engine blocks, showing the increased corrosion-crustaceous impact coolants are revealed in the article. The results of the analysis show the need for a current control input and corrosive effect on metal coolants cooling systems of automotive engines. The feasibility of using corrosion gage, allowing difference for each metal to evaluate the corrosive effects of the coolant is confirmed. The expediency of the list of required study of instrumentation for controlling the properties of fluids in the field is revealed.

Key words: system of cooling, resource of the engine, characteristics of cooling liquids.

Постановка проблемы. Сегодня меняются подходы к системе обслуживания и ремонта автотракторной техники. Следует изменить технологию ремонтно-обслуживающих работ. Техническое обслуживание должно основываться на планово-предупредительной системе, а ремонты производиться в зависимости от технического состояния машин. В этом случае особое значение приобретает своевременное выполнение контрольно-диагностических операций и наличие соответствующего оборудования, приборов, инструментов. Переход на такую организацию обслуживания техники ведет к полному отказу от проведения капитальных ремонтов. В первую очередь это относится к автотракторным двигателям (АТД), топливной и гидравлической аппаратуре, гидротрансмиссиям, коробкам перемены передач и другим агрегатам [1].

Большое значение приобретает реализация в условиях эксплуатации заданного производителями ресурса автотракторной техники в целом и его агрегатов, важнейшим из которых является АТД. На снижение ресурса АТД существенное значение оказывает коррозионно-накипное воздействие охлаждающей жидкости (ОЖ) в охлаждающей системе (ОС). Это в основном связано с низким качеством ОЖ и, что не менее опасно, ухудшением ее свойств в процессе эксплуатации.

Анализ литературы. Доля отводимого теплового потока ОС от АТД по отношению к общему объему подводимого тепла к нему для бензиновых двигателей составляет 30–32%, для дизелей – 25–30%. Для реализации в полной мере заложенного ресурса АТД качество ОЖ должно удовлетворять следующему ряду физико-химических и теплофизических требований [2–4]:

- теплоемкость и теплопроводность должны быть высокими, позволяющими поддерживать оптимальный температурный режим АТД при небольшом количестве ОЖ и меньшей затрате мощности на привод за счет уменьшения скорости циркуляции;
- не должна образовывать различных отложений и вызывать коррозию на поверхностях ОС;

- температура кипения должна быть на 15–20°C выше максимально возможной, которая достигается в охлаждающей системе;
- температура замерзания должна быть не менее 5–10°C ниже минимальных температур окружающего воздуха;
- коэффициент расширения должен быть, по возможности, меньшим, так как при работе двигателя температура ОЖ изменяется в широких пределах;
- циркуляция ОЖ не должна вызывать вспенивания;
- быть химически стабильной в процессе эксплуатации и хранения;
- обладать оптимальной вязкостью, с одной стороны, не требующей больших затрат на циркуляцию ОЖ, с другой – исключаяющей потери жидкости через уплотнения;
- не быть токсичной и пожароопасной;
- быть доступной, иметь низкую стоимость.

В наибольшей степени этим требованиям отвечают вода либо водные растворы с двухатомным спиртом-этиленгликолем.

В табл. 1 приведены в сравнении основные физические показатели воды и технического этиленгликоля. За исключением температуры замерзания и кипения этиленгликоль явно уступает воде.

Но вода природного происхождения имеет ряд естественных загрязнителей, поэтому использование природной воды существенно отражается на ресурсе АТД.

Различают три вида природной воды: поверхностная (реки, озера, моря и океаны), атмосферная (дожди, снег), подземная (колодцы, скважины, родники). Наиболее существенным показателем, характеризующим применимость природной воды в качестве охлаждающей жидкости, является ее жесткость.

По жесткости вода классифицируется на очень мягкую, мягкую, среднежесткую, жесткую и очень жесткую. В табл. 2 приведена классификация жесткости воды и ее влияние на накипеобразование.

Таблица 1.

Основные физические показатели воды и технического этиленгликоля.

Показатель	Вода	Этиленгликоль технический
Формула	H ₂ O	C ₂ H ₄ (OH) ₂
Молекулярная масса	18,01	62,07
Плотность при 20°C, кг/м ³	998,2	1113
Температура замерзания, °C	0	-12
Температура кипения при 0,1 МПа, °C	100	197,7
Теплоемкость при 20°C, кДж/(кг·°C)	4,184	2,422
То же, при 0°C	2,04	–
Удельная теплопроводность, кДж/(ч·м·°C)	2,179	0,955
Вязкость при 20°C, мм ² /с	1,0	19–20
Теплота испарения, Дж/кг	2258	800
Теплота плавления, Дж/кг	332,7	182,3
Коэффициент объемного расширения (в пределах от 4 до 100°C)	0,00046	0,00062
Температура вспышки (прибор с открытым тиглем), °C	–	122

Таблица 2.

Классификация жесткости воды.

Группа жесткости	Общая жесткость, мг-экв/л	Влияние на накипеобразование
Очень мягкая	до 1,5	Накипи не образует
Мягкая	1,5–4,0	Накипи почти не образует
Среднежесткая	4,0–8,0	Образует накипь. Необходимо не реже 2 раза в год удалять из системы охлаждения
Жесткая	8,0–12,0	Быстро откладывается значительная накипь, не рекомендуется применять воду без предварительного умягчения или использования присадок
Очень жесткая	более 12,0	Система охлаждения очень быстро забивается накипью. Воду применять без умягчения нельзя

Жесткость воды характеризуется количеством растворенных в воде солей (карбонатов и сульфатов). Чем больше в воде растворено этих солей, тем больше отложений (накипи) образуется на стенках системы охлаждения. В зависимости от вида растворенных солей различают временную и постоянную жесткости. Временная, или карбонатная, жесткость определяется содержанием в воде бикарбонатов магния и кальция. При нагревании воды эти соли разлагаются и образуют нерастворимые в воде CaCO₃ и MgCO₃, которые в виде накипи осаждаются на стенках системы охлаждения.

Присутствие в воде сульфатов, хлоридов и силикатов, щелочноземельных металлов, которые не разлагаются при ее нагревании, особенно нежелательно. Наличие этих солей в воде определяет некарбонатную, или постоянную, жесткость. Например, сульфат кальция CaSO₃ (гипс) при повышении температуры выпадает из раствора, осаждаясь на стенки системы вместе с другими солями. Это придает накипи особую прочность, затрудняющую ее удаление из системы. Следует иметь в виду, что теплопроводность накипи значительно уменьшается и при попадании нефтепродуктов, особенно масла.

Измеряется жесткость в миллиграмм-эквивалентах солей жесткости на 1 л воды (мг-экв/л).

1 мг-экв соответствует содержанию в 1 л воды 20,04 мг иона кальция или 12,16 мг иона магния.

Присутствие в воде кислорода, окиси углерода и других газов, особенно хлор- и сульфат-ионов, вызывает коррозионно-накипные образования.

Хорошие результаты получаются при фильтровании воды любой жесткости через катионитовые фильтры, т. е. вещества, способные вступить в обменную реакцию с ионами кальция, магния и других щелочноземельных металлов. Катионированная вода не вызывает накипи, однако увеличивает коррозионную активность воды [5–9].

Предприятия-изготовители АТД, допускающие применение воды в ОС АТД, устанавливают следующие требования к качеству воды [10]:

- степень жесткости не более 2,15 мг-экв/л (43 мг/л CaO);
- водородный показатель pH (при 20°C) 6–8;
- содержание ионов Cl не более 100 мг/л;
- содержание ионов SO₄ не более 100 мг/л;
- общее содержание солей (остаток после испарения) не более 200 мг/л.

В случае жесткости воды более 2,15 мг-экв/л производится ее «умягчение». Для этого добавляют в воду карбонат натрия (Na₂CO₃) в количестве 0,4%. «Умягчение» воды проводится вне ОС

АТД, так как эта операция сопровождается выделением солей кальция и магния, которые удаляются отстаиванием и фильтрацией. Для частичного устранения жесткости воду кипятят и дают ей отстояться, а затем профильтровывают. При этом также даются рекомендации по удалению накипи.

Накипь из ОС рекомендуется удалять с помощью раствора технического трилона Б (ГУ 6-01-634-71) в воде концентрации 20 г трилона на 1 л воды. Трилон – порошок белого цвета, не ядовит, легко растворяется в воде, не вызывает вспенивания воды при ее нагреве и кипячении. Излишнее количество трилона не вредит деталям ОС.

Раствор трилона заливается в ОС. После одного дня работы двигателя (не менее 6–7 час) отработанный раствор сливается и заливается свежий. Промывку продолжают в течение четырех-пяти дней. После окончания промывки в систему охлаждения заливается вода, содержащая 2 г/л трилона.

При отсутствии трилона Б, как исключение, накипь из ОС допускается удалять раствором, состоящим из кальцинированной (стиральной) соды в количестве 0,5 кг на 10 л воды и керосина 1,0 кг на 10 л воды. Раствор заливается в ОС на 24 часа, из которых двигатель не менее 8 часов должен работать на эксплуатационном режиме, после чего сливается раствор в горячем состоянии, а после охлаждения АТД промывают ОС водой.

В последние десятилетия в качестве основной охлаждающей жидкости для АТД применяют антифризы. Антифриз представляет собой раствор этиленгликоля, дистиллированной воды с пакетом присадок. Три перечисленных составляющих должны придавать антифризу необходимые физико-химические и теплофизические свойства ОЖ. Пакет присадок является главной компонентой, определяющей качество. По качественному составу присадок антифризы условно подразделяют на три основные группы: нитрофосфатные, карбоксилатные и гибридные. При выборе марки антифриза единственно верным критерием могут быть рекомендации производителей АТД, вписывающие марки антифризов в эксплуатационную документацию. Возможность применения конкретной марки антифриза предприятия-изготовителя АТД устанавливают на основе лабораторных и продолжительных эксплуатационных испытаний. Комплекс и объем испытаний могут стандартизовываться производителями АТД.

Цель работы – провести анализ применения ОЖ низкого качества в ОС АТД. Обосновать основные предложения, направленные на сниже-

ние коррозионно-накипного воздействия в ОС и повышение ресурса АТД.

Изложение основного материала. Одним из важнейших параметров АТД является его ресурс до капитального ремонта, фактически определяющий его конструкторско-технологическую надежность. Величина ресурса не приводится в эксплуатационной документации на двигатель или других официальных документах. Срок службы АТД [10] зависит во многом от условий эксплуатации и качества ТО и ТР.

Многолетние наблюдения эксплуатации АТД в степном и других районах Крыма, анализ технического состояния деталей ОС АТД, поступающих в ремонт, в том числе и радиаторов, указывают на повышенное коррозионно-накипное воздействие охлаждающих жидкостей. В частности, это относится к двигателям СМД, МАЗ, КамАЗ, ЗИЛ.

Конструкции АТД представляют собой сложную в электрохимическом отношении полиметаллическую систему, состоящую из разнородных металлов: стали, чугуна, алюминия, латуни, припоя и др. При работе АТД в ОС создаются высокие температурные и механические нагрузки, вибрация деталей, аэрация охлаждающей жидкости, перепады давления. ОЖ, непосредственно соприкасающаяся с рабочими поверхностями ОС АТД, выполняет свою основную функцию теплоносителя, вместе с тем является и электролитом, представляя собой постоянно функционирующий критический состав [11].

В большей степени коррозионно-накипному воздействию подвержены теплоотдающие поверхности гильз цилиндров, головок блока, блока цилиндров, водяной насос и др. У радиаторов коррозионные образования сопровождаются закупориванием трубок продуктами коррозионно-накипных образований, выносимых охлаждающей жидкостью в верхний бачок.

Температура при работе в АТД колеблется в широких пределах [11] от -20°C (температура запуска) до 2000°C (температура газов в цилиндре) и более. Из-за образования термоизолирующей оболочки коррозионно-накипных наростов в ОС, резких температурных колебаний в широких пределах, ввиду различных коэффициентов расширения конструкционных сопрягаемых материалов АТД наблюдаются следующие процессы: увеличивается средняя температура деталей цилиндро-поршневой группы, за счет снижения наполнения цилиндров снижается эффективная мощность АТД, повышается расход топлива, увеличенная температура цилиндро-поршневой группы приводит к увеличению температуры смазки и, как следствие, увеличению темпа износа деталей цилиндро-поршневой группы.

Из-за различия температурного расширения конструкционных металлов поршневой группы АТД зазоры снижаются до критических значений.

На рис. 1 приведена характеристика уменьшения теплового зазора бензинового двигателя в сопряжении «поршень – цилиндр» при повышении температуры головки поршня.

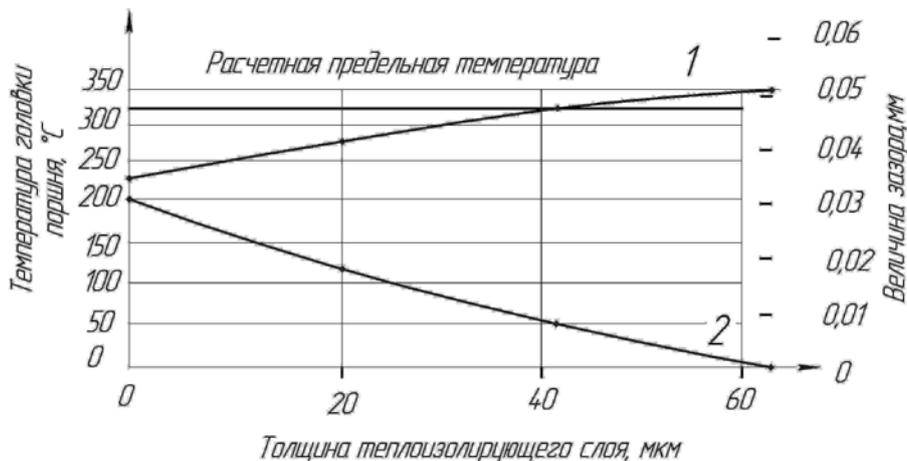


Рис. 1. Влияние теплоизолирующих отложений на повышение температуры головки поршня (1) и уменьшение зазоров в сопряжении «поршень – цилиндр» (2) [12].

На рис. 1 видно, что при толщине теплоизолирующего слоя 60 мкм на гильзе величина зазора между поршнем и цилиндром уменьшается до 0 мкм, что является критическим для ДВС, это может привести к задирам рабочих поверхностей

и заклиниванию цилиндра-поршневой группы. В результате коррозии и попадания антифриза в масло двигателя происходит интенсивный износ шатунных вкладышей. На рис. 2 показана характеристика износа.

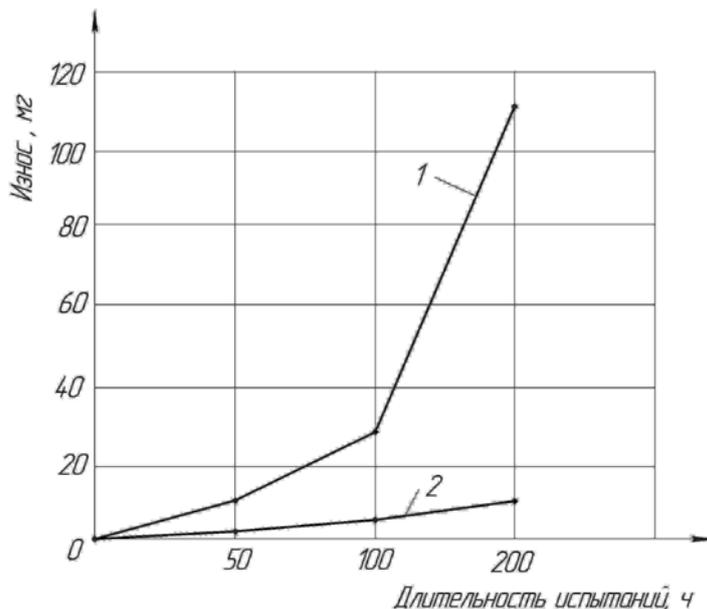


Рис. 2. Влияние охлаждающей жидкости в масле на износ шатунных вкладышей: 1 – чистое масло, 2 – масло с добавкой 1% антифриза.

Исследование двигателей ВАЗ [12] показало, что детали двигателей, работающих на маслах, содержащих ОЖ, изнашиваются в несколько раз быстрее, и поэтому уже через 20–50 тыс. км требуется капитальный ремонт (при расчетных 150 тыс. км и более).

На рис. 3 показан разрез головки блока двигателя IVEKO (V = 3,6 л), поступившего на ремонт в результате образовавшейся в нем трещины. Материал головки блока – легированный чу-

гун. Как видно, охлаждающая теплоотдающая поверхность полости 1 подверглась активному коррозионно-накипному воздействию со стороны ОЖ, толщина наростов составляет 3–6 мм. В то же время следы коррозии и накипных образований отсутствуют на внешней поверхности втулки 3, которая также контактировала с охлаждающей жидкостью. Причем на охлаждаемой поверхности втулки сохранен рельеф обработки режущим инструментом (рис. 4).

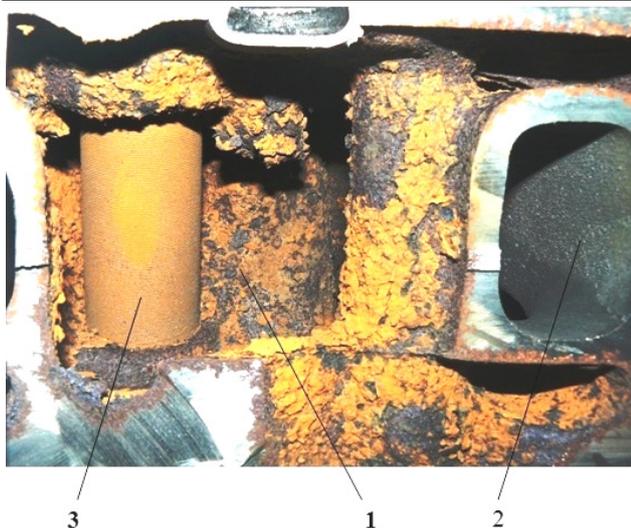


Рис. 3. Сечение участка головки блока двигателя IVECO ($V = 3,6$ л):

- 1 – охлаждающая полость рубашки охлаждения;
2 – полость впускного коллектора воздуха;
3 – внешняя поверхность втулки для установки топливной форсунки.



Рис. 4. Рельеф участка внешней поверхности втулки топливной форсунки.

Предположительно, в качестве охлаждающей жидкости использовался антифриз, где отсутствовали присадки по защите чугуна. Отсутствие следов коррозии и коррозионных наростов на внешней поверхности топливной форсунки показывает низкую коррозионную активность к железу неингибированного антифриза, а также отсутствие в жидкости сульфатов и хлоридов, которые содержатся в необработанной воде. Кроме того, данная поверхность является теплопринимающей, менее коррозионно-образующей, где тепловой поток направлен от охлаждающей жидкости к поверхности втулки. Анализ ситуации показывает, что на теплопринимающих поверхностях втулки 3 (рис. 4) и тепло-

отдающей поверхности 1 головки блока (рис. 3) тепловой поток направлен от горячей поверхности к жидкости.

Таким образом, проведенный анализ поверхностей теплообмена чугунной головки дизельного двигателя IVECO объемом 3,6 л показал, что данный двигатель заправлялся антифризом, представлявшим собой раствор деминерализованной воды и этиленгликоля, где отсутствовала присадка (ингибитор) по защите чугуна.

На предприятиях и хозяйствах автотракторной техники контроль коррозионно-накипного воздействия ОЖ на ОС АТД не производится.

К настоящему времени в энергетической промышленности широкое распространение получили компактные электронные приборы экспресс-контроля качества технологических жидкостей по показателям общей минерализации, жесткости, электропроводности, pH и др.

Также накоплен опыт применения компактных коррозиметров, осуществляющих автоматическое определение показателей общей и питинговой коррозии в различных электропроводящих технологических средах применительно к различным металлам.

Использование названных приборов в технологии инструментального контроля коррозионного воздействия позволит существенно улучшить качество обслуживания АТД при решении проблем снижения коррозионно-накипных образований.

Выводы.

1. Проведенный анализ показывает необходимость введения входного контроля, а также текущего контроля коррозионного воздействия охлаждающих жидкостей на металлы ОС АТД.

2. Использование коррозиметра позволяет дифференцированно по каждому металлу ОС оценивать коррозионное воздействие ОЖ.

3. Для реализации в полной мере ресурса АТД необходимо определить и обосновать необходимый перечень измерительных приборов для контроля свойств охлаждающей жидкости в условиях эксплуатации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Беренштейн И. Б. Состояние и перспективы механизации сельского хозяйства Крыма / И. Б. Беренштейн // Научные труды Южного филиала национального университета биоресурсов и природопользования Украины «Крымский агротехнологический университет». Выпуск 150. Технические науки. – Симферополь, 2012. – С. 173–181.
2. Покровский Г. П. Топливо, смазочные материалы и охлаждающие жидкости / Г. П. Покровский. – М. : Машиностроение, 1985. – 300 с.
3. Двигатели внутреннего сгорания. Устройство и работа поршневых и комбинированных двигателей /

- под ред. А. С. Орлина, М. Г. Круглова. – М. : Машиностроение, 1980. – 288 с.
4. Итинская Н. И. Автотракторные эксплуатационные материалы / Н. И. Итинская, Н. А. Кузнецов. – М. : Высшая школа, 1978. – 232 с.
 5. Фейзи́ев Г. К. Высокоэффективные методы умягчения, опреснения и обессоливания воды / Г. К. Фейзи́ев. – М. : Энергоатомиздат, 1988. – 193 с.
 6. Водоподготовка. Процессы и аппараты / под ред. О. И. Мартыновой. – М. : Атомиздат, 1977. – 352 с.
 7. Клячко В. А. Очистка природных вод / В. А. Клячко, И. Э. Апельцин. – М. : Стройиздат, 1978. – 222 с.
 8. Классификация физико-химических методов обработки воды / [З. Я. Ярославский, Г. Н. Николадзе, П. П. Пальгунов, Б. И. Долгонос] // Водные ресурсы. – 1974. – № 2. – С. 120–126.
 9. Справочник по свойствам, методам анализа и очистке воды / под ред. Л. А. Кульского. – К. : Наукова думка, 1980. – Т. 1. – 680 с. ; Т. 2. – 1206 с.
 10. Двигатели ЯМЗ-236М2, ЯМЗ-238М2. Руководство по эксплуатации 236-3902150-БРЭ. – Ярославль, 2010. – 172 с.
 11. Бейнон Е. Коррозия системы охлаждения, обусловленная ее конструкцией и применяемыми материалами / Е. Бейнон, Н. Р. Кулер, Х. Дж. Хенигэн ; [пер. с англ. В. В. Михеевой] // Предотвращение коррозии автомобилей : сб. статей. – М. : Транспорт, 1983. – С. 90–185.
 12. Ковтун Г. Охлаждающие жидкости и их влияние на ресурс двигателя / Г. Ковтун, В. Пилявский, А. Жерновой // Сигнал, Украинский автомобильный журнал. – 2004. – № 5-6. – С. 64.