

УДК 656.13.002.3

**М.И.Наглюк, В.П.Волков, И.С.Наглюк**  
**Харківський національний автомобільно-дорожній університет**  
**УТОЧНЕНИЕ СРОКОВ СМЕНЫ АНТИФРИЗОВ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ**

*Приведены результаты изменения основных показателей качества антифриза от наработки при эксплуатации автомобилей. Представлена математическая модель прогнозирования остаточного ресурса антифриза от расхода топлива. С помощью технического эндоскопа получены фотографии поверхности деталей системы охлаждения двигателя до и после работы двигателя с антифризом.*

**Ключевые слова:** автомобиль, антифриз, эксплуатация, математическая модель, топливо.

*Рис 1. Форм 4. Лист 10*

**М.І.Наглюк, В.П.Волков, І.С.Наглюк.**  
**УТОЧНЕННЯ СТРОКІВ ЗМІНИ АНТИФРИЗІВ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ**

*Приведені результати зміни основних показників якості антифризу від наробітку при експлуатації автомобілів. Наведена математична модель прогнозування залишкового ресурсу антифризу від кількості витраченого палива. За допомогою технічного ендоскопу отримані фотографії поверхонь деталей системи охолодження двигуна до та після роботи двигуна з антифризом.*

**Ключові слова:** автомобіль, антифриз, експлуатація, математична модель, паливо.

**M.Nahliuk, V.Volkov, I.Nahliuk**  
**CLARIFICATION OF TERMS OF ANTIFREEZE CHANGE UNDER OPERATION CONDITIONS**

*The results of changes in key indicators of antifreeze quality (the density, the temperature of crystallization onset, hydrogen index, alkalinity, corrosive impact on metals, the concentration of corrosive wear products, conductivity) as a result of vehicle operation are presented. A mathematical model of forecasting the residual life of antifreeze depending on the fuel consumption is given. With the help of technical endoscope there were obtained photos of the surfaces of the engine cooling system parts before and after the operation of the engine with antifreeze.*

**Key words:** vehicle antifreeze, operation, mathematical model, fuel.

**Постановка проблеми.** В условиях непрерывно растущих мировых цен на нефтепродукты, специальные жидкости и антифризы, особенно актуальными становятся вопросы, о рациональном использовании этих продуктов. Малые сроки эксплуатации антифриза приводят к его необоснованному перерасходу, большие – к снижению эксплуатационной надежности и долговечности двигателя. Оптимальным решением в данной ситуации является проведение периодического контроля, который позволит прогнозировать сроки эксплуатации антифриза, в двигателе ссылаясь на его фактическое состояние.

**Анализ публикаций.** В условиях рядовой эксплуатации периодический контроль работающих антифризов в большинстве случаев не проводят, упуская из виду то, что антифриз контактирует одновременно со многими поверхностями деталей двигателя изготовленных из разных материалов. В работоспособном состоянии антифриз в системе охлаждения обеспечивает номинальный тепловой режим работы двигателя. Благодаря этому рационально используется технический ресурс двигателя, заложенный в его конструкцию при проектировании и изготовлении. При появлении в двигателе неисправностей антифриз может потерять работоспособность в течение очень короткого промежутка времени и стать одной из причин наступления отказа в работе системы охлаждения и двигателя, повышенного износа деталей и преждевременного уменьшения ресурса. [1, 2, 3]

Рекомендуемые сроки смены антифризов не всегда обоснованы ввиду применения двигателей различных моделей и модификаций, работающих в неодинаковых условиях эксплуатации. Они, как правило, к сроку замены не исчерпывают запаса своих эксплуатационных свойств и могут работать дольше без снижения надёжности работы систем двигателя. При достижении одним или несколькими показателями качества антифриза предельных значений происходит увеличение скорости кавитационно-коррозионного изнашивания деталей, повышение склонности охлаждающей жидкости к пенообразованию, образованию накипи и отложений в системе охлаждения двигателя, что в результате снижает надежность, экономичность и экологичность автомобиля.

В процессе эксплуатации автомобилей, при работе двигателя антифриз, выполняя функции по отводу тепла, также накапливает продукты коррозионного изнашивания и загрязнений, а это

**©М.И.Наглюк, В.П.Волков, И.С.Наглюк**

приводит к изменению основных показателей качества антифриза. К основным видам загрязнений охлаждающих жидкостей в процессе их эксплуатации в двигателе можно отнести продукты химической и кавитационной коррозии, масляные и жировые отложения, частицы песка, накипи, грязи, силиконовых герметиков, продукты разложения антифризов (гели) и отработанные присадки [1].

Требования и рекомендации заводов-изготовителей судовых двигателей внутреннего сгорания к охлаждающим жидкостям устанавливают основные показатели качества (общее солесодержание, жесткость воды 1,5...3 мг-экв/л, водородный показатель 8...9 рН, поверхностное натяжение 0,055 Н·м, кинематическая вязкость  $1,2 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ , содержание сульфат и хлорид-ионов не более 200 мг/л) и предельно-допустимые значения этих показателей [3].

Использование не качественного антифриза приводит к преждевременным отказам в работе системы охлаждения двигателя: выходу из строя радиатора, вследствие его коррозионного изнашивания или закупорки трубок; набухание и потеря эластичности резиновых шлангов приводит к утечкам; сильное вспенивание ухудшает охлаждение и приводит к перегреву теплонапряженных деталей двигателя.

Одним из показателей качества охлаждающей жидкости является электропроводность антифриза. Вопросы, связанные с электропроводностью жидкостей рассматриваются научной общественностью достаточно давно. Результаты измерений электропроводности стандартных растворов, при различных температурах, приведенные в литературе [4]. В работе [5, 6, 7] описаны исследования и приведены результаты изменения электропроводности различных углеводородных жидкостей, чистых и отработанных образцов различных масел.

Для определения фактического состояния охлаждающей жидкости и ее замены, необходимо производить периодический контроль. Как правило, периодом является величина, которая измеряется в километрах пробега или времени (месяц, год). Однако в таком случае не учитывается то, что при простое автомобиля с работающим двигателем (прогрев, движение на подъём, простой на светофоре и т.д.) охлаждающая жидкость продолжает работать и вырабатывать свой ресурс. В работах [8, 9, 10] рассматривается влияние охлаждающей жидкости на изменение расхода топлива.

Ресурс двигателей в первую очередь определяется изнашиванием деталей и узлов систем двигателя. Для снижения отказов деталей, узлов и систем двигателя, во время эксплуатации, необходимо своевременное обнаружение изменения основных показателей качества антифризов.

**Цель и постановка задачи.** Целью работы является исследование изменения основных показателей качества антифриза и оценка технического состояния поверхности деталей системы охлаждения двигателя на момент замены.

**Результаты исследований.** Производители автомобилей обязательно указывают в карте сервисного обслуживания периодичность технического обслуживания и замену антифриза, моторных и трансмиссионных масел в силовых агрегатах на период гарантийного обслуживания. Картой сервисного обслуживания автомобилей Hyundai предусмотрена замена антифриза через 45 тыс. км или 24 месяца эксплуатации.

Диагностируя антифриз, можно получить объективную информацию о процессе изменения основных показателей качества антифриза, электропроводности и скорости поступления продуктов коррозионного изнашивания сопряжений и деталей системы охлаждения двигателя при эксплуатации.

Скорость поступления продуктов изнашивания в охлаждающую жидкость является обобщающим показателем характеризующим качество применяемого антифриза, исходное техническое состояние двигателя, его систем и механизмов, а также режимы работы и условия эксплуатации.

Скорость поступления продуктов коррозионного изнашивания в антифриз можно определить по формулам

$$I = F \cdot V_o \cdot \rho_{ж} / L_{ж}; \quad (1)$$

$$I = F \cdot V_o \cdot \rho_{ж} / Q, \quad (2)$$

где  $F$  – концентрация продуктов коррозионного изнашивания в антифризе, г/т;  
 $V_o$  – объём системы охлаждения двигателя,  $\text{м}^3$ ;  
 $\rho_{ж}$  – плотность антифриза,  $\text{т}/\text{м}^3$ ;

$L_{ж}$  – срок службы антифриза в двигателе, км (часы);

$Q$  – количество израсходованного топлива за период работы антифриза в двигателе, л.

Изменение основных показателей от пробега характеризующих качество антифриза применяемого в автомобиле Hyundai i30 представлены в табл.1.

Таблица 1

Результаты изменения показателей качества антифриза GlycoShell G11 при эксплуатации автомобиля Hyundai i30

Показатели	Норма по ГОСТ 28084	39 тыс. км	52 тыс. км
1. Плотность при 20 °С, г/см <sup>3</sup>	1,065-1,085	1,085	1,085
2. Температура начала кристаллизации, °С	- 40	- 42	- 42
3. Водородный показатель, рН	7,5-11,0	7,75	7,59
4. Щелочность, см <sup>3</sup> , не менее	10	9,1	9,7
5. Электропроводность, Ом <sup>-1</sup> ·м <sup>-1</sup>	-	6,689·10 <sup>-5</sup>	7,758·10 <sup>-5</sup>
6. Коррозионное воздействие на металлы, г/м <sup>2</sup> ·сут:			
- медь	0,1	0,012	0,015
- латунь	0,1	0,037	0,05
- алюминий	0,1	0,011	0,04
- сталь	0,1	0,1	0,135
- чугун	0,1	0,1	0,153
7. Концентрация продуктов коррозионного изнашивания, г/г			
Sn	-	-	<1
Cu	-	-	2
Al	-	-	6
Fe	-	-	3
8. Скорость поступления алюминия в антифриз, мг/л топлива	-	-	0,008

Анализируя изменение показателей качества антифриза представленных в табл. 1 нужно отметить, что при пробеге 39 тыс. км они не превышают значения рекомендуемые ГОСТ 28084 для не работавших антифризов, а значит, антифриз пригоден к дальнейшей эксплуатации. Но при следующем анализе на 52 тыс. км произошло увеличение коррозии деталей изготовленных из стали до 35% и чугуна до 53% по сравнению с предыдущим значением. Увеличение значения электропроводности антифриза составило около 16%. Концентрацию продуктов коррозионного изнашивания в антифризе определяли с помощью фотоэлектрической установки МФС-7.

Зная предельное значение концентрации продуктов коррозионного изнашивания и измеренное значение можно уточнять остаточный ресурс антифриза по формуле

$$L_{ост}^{ж} = (F_{ПР} / F_{ИЗМ} - 1) \cdot L_{П} \cdot Q_{П} / Q_{Б}, \quad (3)$$

где  $F_{ПР}$  – предельное значение концентрации продуктов коррозионного изнашивания, г/т;  
 $F_{ИЗМ}$  – измеренное значение концентрации продуктов коррозионного изнашивания, г/т;  
 $L_{П}$  – срок службы антифриза в двигателе до очередной замены, км;  
 $Q_{П}$  – расход топлива за период эксплуатации после замены антифриза, л/100км;  
 $Q_{Б}$  – норма расхода топлива на прогнозируемый период эксплуатации, л/100км.

Суммарный расход топлива является интегральным показателем и объективнее учитывает реальные условия эксплуатации автомобиля за каждый день её работы, нагрузку на агрегаты, квалификацию водителя, дорожные, транспортные, атмосферно-климатические условия, чем наработка в км или часах работы.

Зная общее количество топлива, израсходованное автомобилем до очередной замены охлаждающей жидкости и количество топлива израсходованного на момент уточнения, можно вычислить остаточный ресурс антифриза по формуле

$$L_{ОСТ}^{\text{ж}} = (Q_{ОБЩ} - Q_{ИЗР}) \cdot 100 / Q_{Б}, \quad (4)$$

где  $Q_{ОБЩ}$  – общее количество топлива израсходованного за срок службы антифриза до замены, л;

$Q_{ИЗР}$  – количество топлива израсходованного за период эксплуатации после замены антифриза, л;

$Q_{Б}$  – норма расхода топлива на прогнозируемый период эксплуатации, л/100км.

Применение современных эндоскопов при диагностике позволяет произвести обследование состояния двигателя внутреннего сгорания и контроль состояния зубчатых передач агрегатов трансмиссии, осмотреть изнутри любой трубопровод и полость, своевременно обнаружить в нем отложения и трещины, диагностика состояния системы выпуска отработавших газов без демонтажа ее элементов. С помощью эндоскопа можно заглянуть в скрытые полости кузова и обнаружить не видимые снаружи трещины и следы коррозии. При выполнении технического обслуживания по замене антифриза А-40 на автомобиле ВАЗ-2115 с помощью эндоскопа производилась оценка состояния поверхности деталей системы охлаждения (фото 1).

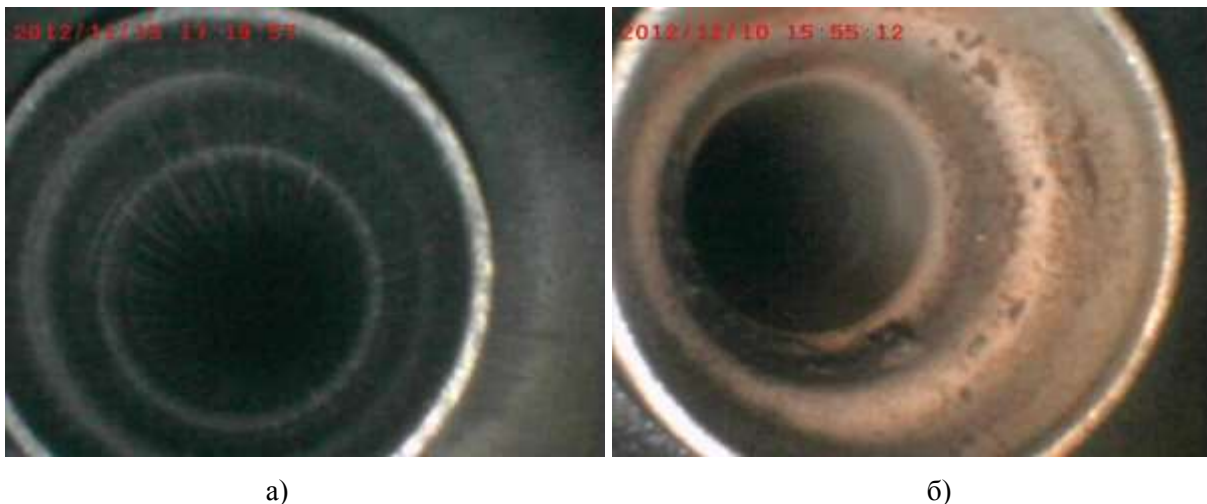


Фото 1. Состояние поверхности трубок радиатора автомобиля ВАЗ-2115:  
а – новый радиатор; б – после замены антифриза

Рассматривая состояние поверхности трубок радиатора, было зафиксировано отсутствие отложений на поверхности, но выявлены не большие очаги коррозии (фото 1 б). При оценки состояния поверхности деталей системы охлаждения двигателя автомобиля Hyundai i30 не было выявлено, каких либо нарушений в работе системы охлаждения.

**Выводы.** Выполняя оценку основных показателей качества антифризов при проведении очередного технического обслуживания и анализируя состояние поверхности деталей системы

©М.И.Назлюк, В.П.Волков, И.С.Назлюк

охладження с помощью технического эндоскопа при очередной замене охлаждающей жидкости. Можно точнее установить целесообразность эксплуатации автомобиля на данном антифризе конкретного производителя сроках его замены и своевременно принять решение о замене детали или узла системы охлаждения не дожидаясь наступления отказа.

1. Драгомиров С. Г. Фильтры для очистки охлаждающей жидкости в автомобильных двигателях / С. Г. Драгомиров, М. Шкапцова, А. Глинкин // Актуальные проблемы эксплуатации автотранспортных средств: материалы XIII междунар. науч.- практич. конф., 28 –29 октября 2009 г. – Владимир: ВлГУ, 2009. – С. 307–311.
2. Гаврилов А.К. Фильтрация жидкости в охлаждающей системе дизеля / А.К. Гаврилов // Двигателестроение. - 1991. - № 8. - С. 27 - 28.
3. Безюков О. К. Формализация процессов старения охлаждающих жидкостей ДВС / О. К. Безюков, В. А. Жуков, О. В. Жукова // Двигатели внутреннего сгорания : науч.-техн. журнал. – Харьков: НТУ “ХПИ”. – 1989. – № 2. – С. 105–109.
4. Справочник химика / под ред. Никольского Б. П., 3 том, 2-е изд. доп. и пер. – М: Химия, 1964. – 1010 с.
5. Венцель Е. С. Улучшение качества и повышение сроков службы нефтяных масел / Е. С.Венцель, С. Г. Жалкин, Н. И. Данько. – Харьков: УкрГАЗТ, 2003. – 168 с.
6. Богородицкий Н. П. Электротехнические материалы / Н. П. Богородицкий, В. В. Пасынков, Б. М. Тареев. – Л.: «Энергия», 1977. – 352 с.
7. Белоусов А. И. Измерение удельной объемной электропроводимости углеводородных жидкостей /А. И. Белоусов, И. В. Рожков, Е. М. Бушуева // Химия и технология топлив и масел. – 1985. – № 3. – С. 35–40.
8. Астапенков В. А. Охлаждающая жидкость экономит топливо / В. А. Астапенков //Автодорожник Украины. –1994. – №2.– С.15–16.
9. Галкин М.Л. Инновационные энергоэффективные антифризы для автомобильного транспорта / М.Л. Галкин, А.М. Рукавишников // Автомобильный транспорт: науч.-техн. журнал. – 2013. – №12. – С.24–25.
10. Яковлев Б.П. О коррозии и накипи в системах охлаждения тракторных двигателей / Б.П. Яковлев // Тракторы и сельхозмашины. – 1973. – №2. – С.17–19.

Стаття надійшла до редакції 11.04.2014