

## ВОССТАНОВЛЕНИЕ РАДИАТОРОВ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ ПОЛИМЕРАМИ

**М.А. Караваев, Ю.В. Башкирцев**

МГТУ им. Н.Э. Баумана (Мытищинский филиал), 141005, Московская обл., г. Мытищи, ул. 1-я Институтская, д. 1

makkaravaev@gmail.com

Охарактеризованы неисправности, возникающие в процессе работы радиатора охлаждения двигателя внутреннего сгорания. Приведен анализ классификации клеевых составов, применяемых при ремонте машин и разработан способ ремонта с помощью клеевых материалов.

**Ключевые слова:** сердцевина радиатора ДВС, полимерные составы, восстановление деталей машин и оборудования

**Ссылка для цитирования:** Караваев М.А., Башкирцев Ю.В. Восстановление радиаторов двигателей внутреннего сгорания полимерами // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2019. Т. 23. № 4. С. 125–133.

DOI: 10.18698/2542-1468-2019-4-125-133

Технический сервис машин и оборудования рассматривается как необходимое условие функционирования лесного хозяйства. Доля затрат на эксплуатацию и ремонт техники составляет более 45 %. Многие организации осуществляют обслуживание и ремонт техники своими силами в ремонтных мастерских общего назначения. Такой ремонт часто дороже, чем на специализированных ремонтных предприятиях, поэтому у хозяйств была необходимость в универсальных и недорогих материалах и технологиях ремонта, не требующих специализированного оборудования и высококвалифицированного персонала. Однако рыночные отношения практически искоренили такое понятие как дефицит запасных частей, что обусловило нецелесообразность восстановления простых в изготовлении деталей и, наоборот, — острую потребность в сложных деталях, в частности радиаторах двигателей внутреннего сгорания (ДВС). Они обеспечивают оптимальный тепловой режим двигателя, нарушение которого приводит к снижению его мощности и экономичности и быстрому износу деталей. При перегреве происходит разложение и коксование масла, в двигателе, что ускоряет отложение нагара, вследствие чего ухудшается отвод тепла. Из-за расширения деталей уменьшается температурные зазоры, увеличиваются трение и их износ, ухудшается наполнение цилиндров.

Во время эксплуатации техники, какой бы совершенной ни была конструкция, надежность и другие ее свойства постоянно снижаются в связи с различными факторами, в результате появляются неисправности, которые приходится устранять, осуществляя техническое обслуживание и ремонт. Использование современных технологий и материалов позволяет восстанавливать радиаторы ДВС не только в специализированных ремонт-

ных предприятиях и мастерских, но и в мелких ремонтных мастерских, а при необходимости и в полевых условиях.

### Цель работы

Целью настоящей работы является анализ классификации клеевых составов применяемых при ремонте машин и разработка способа ремонта с помощью клеевых материалов.

### Материалы и методы

Одной из наиболее уязвимых деталей является радиатор охлаждения ДВС, дефекты которого представлены в табл. 1.

При проведении анализа дефектов радиатора, установлено, что больше всего дефектов приходится на сердцевину радиатора. Изучение отечественной продукции оборонного комплекса, ракетно-космической отрасли, полимерных составов, используемых в авиации, показало, что на основе отечественных компонентов можно создать необходимые для ремонта машин и оборудования материалы, не уступающие по качеству импортным клеевым материалам, которые будут недорогими, но эффективными для осуществления ремонта и восстановления техники, что послужит продлению ее срока службы и поддержанию в работоспособном состоянии.

### Результаты и обсуждение

Известно два вида технологий ремонта: используемые в специализированных или общего назначения мастерских и в полевых условиях (рис. 1).

Эффективный ремонт сердцевины радиатора включает в себя использование полимерных материалов, которые добавляются в охлаждающую жидкость и формообразующие клеевые составы (табл. 2).

Т а б л и ц а 1

**Причины и повторяемость дефектов сердцевины радиатора**  
**Causes and recurrence of defects in the radiator core**

Наименование дефекта	Основные причины появления дефекта	Коэффициент повторяемости
Внутреннее засорение	Накипь, инородные тела, ржавчина	0,4
Течь в трубах	Разрушение металла в результате длительной эксплуатации (коррозия); механические повреждения сердцевины	0,2
Наружное засорение сердцевины	Замасливание; загрязнение и засорение растительными остатками поверхности сердцевины	0,8
Трещины и обрывы опорных пластин	Отрыв мест опорных пластин к трубкам; коррозионное разрушение опорных пластин	0,2
Деформация опорных пластин	Погнутость и загибы краев опорных пластин сердцевины в результате небрежного демонтажа радиаторов, транспортирования и хранения	0,4
Механические повреждения сердцевины	Круговые следы задевания лопастями вентилятора трубок сердцевины; следы механических повреждений в виде вмятин и вырывов трубок сердцевин; зачеканка участков трубок в целях их заглушки с наружной стороны	0,5
Деформация охлаждающих пластин	Погнутости, смятие, местные смещения пластин, загибы наружных краев охлаждающих пластин в результате небрежной эксплуатации, механических повреждений сердцевин, транспортирования и хранения	0,6
Заглушка трубок	Устранение течи при техническом обслуживании	0,3
Смятие концов трубок	Небрежный монтаж, хранение и транспортирование радиатора	0,3



**Рис. 1.** Технологии восстановления работоспособности сердцевины радиатора  
**Fig. 1.** Technologies for restoring performance of the radiator core

Рассмотрим классификацию клеевых составов, согласно которой можно определить необходимый для использования состав: анаэробный, термического отверждения и др. (рис. 2). Установлено, что для герметизации сердцевины радиатора целесообразно использовать клеевые составы, которые предусматривают введение отвердителя. Это позволяет получить не только клеевое соединение, но и сформировать конструкционный материал необходимой формы без его обработки. Такие материалы получили название формообразующих клеевых составов.

Несмотря на отсутствие единой теории адгезии, за счет подбора основы клея, его отвердителя и наполнителя можно оказывать эффективное воздействие на свойства клеевых составов и получать полимерные составы требуемых свойств.

Разработана технология ремонта радиатора ДВС, которая включает в себя следующие операции: очистку, продувку сжатым воздухом, укладку на поверхность деревянной подставки, укладки сверху резиновой прокладки, смазанной тонким слоем масла, а на нее укладку радиатора, заливки места течи формообразующим составом (табл. 3).

**Анализ полимерных материалов для ремонта радиаторов двигателей внутреннего сгорания**

**Analysis of polymer materials for the repair of radiators of internal combustion engines**

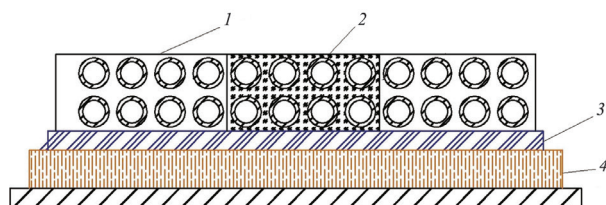
Наименование состава полимера	Преимущества	Недостатки
Герметик системы охлаждения Kuhler Dichter (LIQUI MOLY) 	Возможность использования со всеми видами присадок в систему охлаждения и с любыми антифризами	Герметизация небольших мест утечек в радиаторе; пористость металла в местах пайки; волосяные трещины
Порошковый герметик с алюминием STOP LEAK (GUNK) 	Полимеризация в местах протечек с формированием пробки и быстрой остановкой утечки в сердцевине радиатора. Эффективность как в воде, так и в растворах этиленгликоля	Отсутствие способности устранения больших механических повреждений; угроза закупорки трубок и полостей, имеющих малое сечение
Двухкомпонентный клей «Жидкий Металл» Chemical Metal (Loctite) 	Неподверженность воздействию пресной и соленой воды, масел, топлива; приспособленность к температуре до +1600 °C	Невозможность ремонта повреждений внутренних трубок радиатора и других труднодоступных повреждений
Набор для ремонта радиатора Quick Solder Radiator Repair (Permatex) 	Пригодность для ремонта радиаторов из стали, латуни и алюминия; устойчивость к воздействию воды и антифриза; отверждение в течение 60 мин	Задельвание небольших отверстий; невозможность ремонта повреждений внутренних трубок радиатора
Герметик радиатора «ЛЕКАРЬ» 	Высокая прочность и химическая стойкость к антифризу; уникальная химическая стабильность; устойчивость к воздействию углеводов	Ремонт только легкодоступных повреждений



**Рис. 2.** Классификация полимерных материалов, используемых при ремонте техники  
**Fig. 2.** Classification of polymer materials used in the repair of equipment

Т а б л и ц а 3 **Список литературы**  
**Технология ремонта радиатора**  
**Radiator Repair Technology**

Операция	Приспособление	Время работы, мин
Очистка	Моечный аппарат	4...5
Определение места дефекта	Ванна, компрессор	6...7
Продувка сжатым воздухом	Компрессор	2...3
Укладка на место течи резиновой прокладки смазанной маслом	Резиновая прокладка, масло	1
Расположение радиатора горизонтально на деревянной подставке	Деревянная подставка	1
Приготовление клеевого состава в соотношении: ЭД-20 — 28,3 %; ТЭТА — 13,3 %; алюминиевый порошок — 58,4 %	Мерный стакан, шпатель	3
Заливка места течи составом	Клеевой состав	1
Отверждение	$t = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$	24 ч.



**Рис. 3.** Технология герметизации сердцевины радиатора двигателя внутреннего сгорания: 1 — радиатор; 2 — предполагаемое место течи, залитое формообразующим клеевым составом; 3 — резиновая прокладка, смазанная тонким слоем масла; 4 — деревянная подставка

**Fig. 3.** The technology of sealing the core of the radiator of an internal combustion engine: 1 — radiator; 2 — the supposed leak site, flooded with a forming adhesive; 3 — rubber spacer lubricated with a thin layer of oil; 4 — wooden stand

Преимущество такого способа состоит в том, что точное место течи определять не обязательно, так как запас площади радиатора составляет 15–20 % (рис. 3).

**Выводы**

Анализ полимерных составов для ремонта техники позволил сделать вывод о том, что невозможно иметь один или несколько универсальных составов, которые бы полностью удовлетворяли все потребности ремонта, а анализ свойств формообразующих полимерных составов показал, что их можно применять для ремонта радиаторов охлаждения.

- [1] Башкирцев Ю.В., Клубничкин Е.Е. Использование клеевых составов для восстановления деталей транспортно технологических машин лесопромышленных предприятий // Вестник МГУЛ – Лесной вестник, 2011. №5(81). С. 56–61.
- [2] Комаров Г.В. Соединения деталей из полимерных материалов. СПб.: Профессия, 2006. 592 с.
- [3] Башкирцев Ю.В. Техническое обслуживание и ремонт радиаторов. М.: РИАМА, 2013. 39 с.
- [4] Кочнова З.А., Жаворонок Е.С., Чалых А.Е. Эпоксидные смолы и отвердители: промышленные продукты. М.: Пейнт-Медиа, 2006. 199 с.
- [5] Башкирцев Ю.В., Голубев М.И., Быков В.В., Голубев И.Г. Типаж и эксплуатация технологического оборудования сервисных предприятий. М.: РИАМА, 2017. 110 с.
- [6] Петрова А.П. Термостойкие клеи. М.: Химия, 1977. 200 с.
- [7] Башкирцев Ю.В., Голубев И.Г., Голубев М.И. Эффективность использования нанотехнологии в техническом сервисе. М.: РИАМА, 2016. 47 с.
- [8] Мотовилин Г.В. Склеивание. Параллельный словарь-справочник. СПб.: Наука, 2000. 470 с.
- [9] Башкирцев Ю.В., Никишина О.С. Теоретические предпосылки использования формообразующих клеевых составов для технического сервиса АПК // Международный научный журнал, 2010. № 2. С. 15–18.
- [10] Темников В.Н., Нилов Н.И., Башкирцев В.И. Теоретические основы разработки и применения полимеров в техническом сервисе машин и оборудования. М.: РИАМА, 2010. 229 с.
- [11] Башкирцев Ю.В. Современные материалы для герметизации и фиксации деталей при техническом сервисе в АПК. М.: РИАМА, 2013. 36 с.
- [12] Юдин В.М. Очистка машин и оборудования при техническом сервисе. М.: РГАЗУ, 2015. 44 с.
- [13] Башкирцев Ю.В., Никишина О.С., Кручер И.Л. Особенности разработки формообразующих клеевых составов для технического сервиса автомобилей // Электротехнические и информационные комплексы и системы, 2010. № 3. Т. 6. С. 58–61.
- [14] Башкирцев Ю.В. Оптимизация концентрации клеевого состава с использованием компьютерной программы Statgraphics Plus для восстановления машин и оборудования. Технология и оборудование лесопромышленного производства // Науч. тр. МГУЛ, 2011. Вып. 356. С. 54–58.
- [15] Быков В.В., Голубев И.Г., Голубев М.И. Технология и организация восстановления деталей и сборочных единиц при сервисном обслуживании. М.: МГУЛ, 2014. 275 с.
- [16] Башкирцев Ю.В., Темников В.Н., Башкирцев В.И. Применение полимерных материалов при техническом обслуживании и ремонте машин. М.: МГУЛ, 2011. 229 с.
- [17] Еселев А.Д. Эпоксидные связующие для полимерных клеев // Клеи. Герметики. Технологии, 2005. № 3. С. 11–14.
- [18] Башкирцев В.И., Сливов А.Ф. Разработка термостойкого клеевого состава для ремонта системы выпуска отработанных газов с использованием компьютерной программы STATGRAPHICS // Международный технико-экономический журнал, 2015. № 3. С. 21–23.
- [19] Голубев И.Г., Голубев И.Г., Быков В.В. Перспективы применения полимерных нанокомпозиций // Техника и оборудование для села, 2012. № 1. С. 9–10.
- [20] Башкирцев Ю.В. Техническое обслуживание и ремонт радиаторов ДВС. М.: РИАМА, 2013. 39 с.



## Сведения об авторах

**Караваяев Максим Андреевич** — студент МГТУ им. Н.Э. Баумана (Мытищинский филиал), makckaravaev@gmail.com

**Башкирцев Юрий Владимирович** — канд. техн. наук, доцент МГТУ им. Н.Э. Баумана (Мытищинский филиал), 4022550@mail.ru

Поступила в редакцию 19.04.2019.

Принята к публикации 15.07.2019.

## THE RESTORATION OF THE RADIATORS OF INTERNAL COMBUSTION ENGINES BY POLYMERS

**M.A. Karavaev, Yu.V. Bashkircev**

BMSTU (Mytishchi branch), 1, 1st Institutskaya st., 141005, Mytishchi, Moscow reg., Russia

makckaravaev@gmail.com

The article presents the faults arising in the process of radiator cooling of the internal combustion engine. The analysis of classification of adhesive compositions used in the repair of machines and developed a method of repair using adhesive materials.

**Keywords:** engine radiator core, polymer compositions, restoration of machine and equipment parts

**Suggested citation:** Karavaev M.A., Bashkircev Yu.V. *Vosstanovlenie radiatorov DVS polimerami* [The restoration of the radiators of internal combustion engines by polymers]. *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2019, vol. 23, no. 4, pp. 125–133. DOI: 10.18698/2542-1468-2019-4-125-133

Technical service of machinery and equipment is considered as a necessary condition for the forestry functioning. The share of the cost of operation and repair of equipment is more than forty-five percent. Many organizations carry out maintenance and repair of equipment on their own in General purpose repair shops. Lack of technologies and materials used in the conditions of farms, does not lead to savings on repairs and, ultimately, such repairs are often more expensive than specialized repair companies. Hence there is a need for universal and not expensive materials and repair technologies that do not require specialized equipment and highly qualified personnel. Market relations are virtually eradicated such a thing as a shortage of parts, which makes economically feasible the recovery is simple in the manufacture of parts and Vice versa, there is an urgent need for the restoration of complex parts, which are the radiators of internal combustion engines.

Radiators of internal combustion engines provide the necessary thermal mode of the engine, the violation of which leads to a decrease in power and efficiency of the engine and rapid wear of parts. When the engine overheats, decomposition and coking of the oil occurs, accelerating the deposition of carbon deposits, resulting in deteriorating heat dissipation. Due to the expansion of parts, temperature gaps decrease, friction and wear of parts increase, cylinder filling deteriorates.

The use of modern technologies and materials allows to restore the radiators of internal combustion engines not only in specialized repair plants and workshops, but also in the garages of small enterprises, and if necessary in the field.

During the operation of the equipment, no matter how perfect its design, its reliability and other properties are constantly reduced due to the influence of various factors, as a result there are malfunctions that have to be eliminated during maintenance and repair.

The article presents the faults arising in the process of operation of the radiator cooling of the internal combustion engine. The analysis of classification of adhesive compositions used in the repair of machines and developed a method of repair using adhesive materials.

One of the vulnerable parts is the engine cooling radiator, the defects of which are presented in table 1.

Analyzing the defects of the radiator, it is found that most of the defects occur at the core of the radiator.

Analysis of the domestic production of the defense complex, the missile and space industry, polymer compositions used in the aviation industry, shows that on the basis of domestic components, you can create materials of equal quality to imported adhesive materials necessary for the repair of machinery and equipment, which will provide not expensive, but effective impact on the repair and restoration of

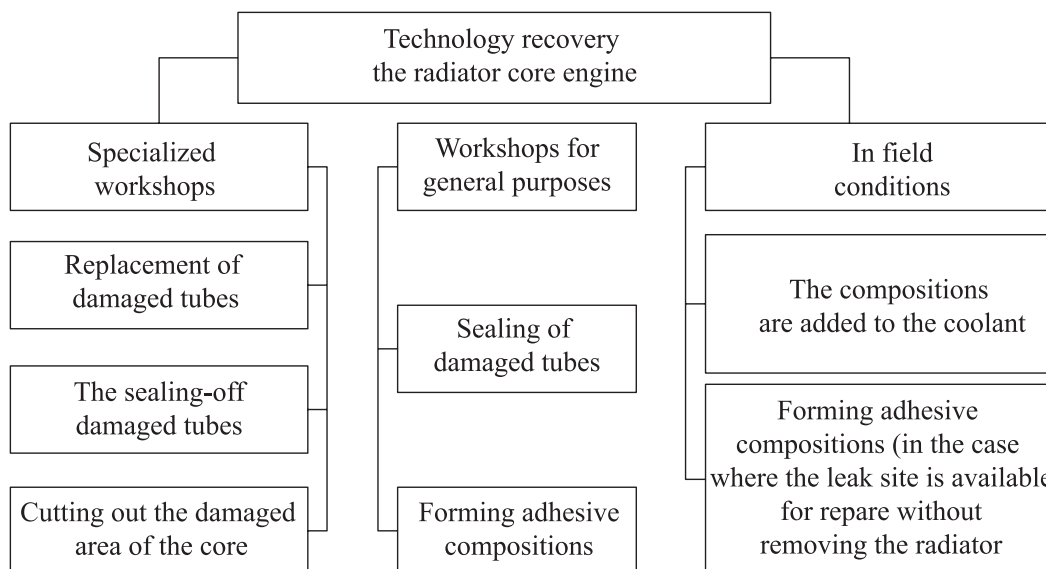


Fig. 1. Technologies for restoring performance of the radiator core

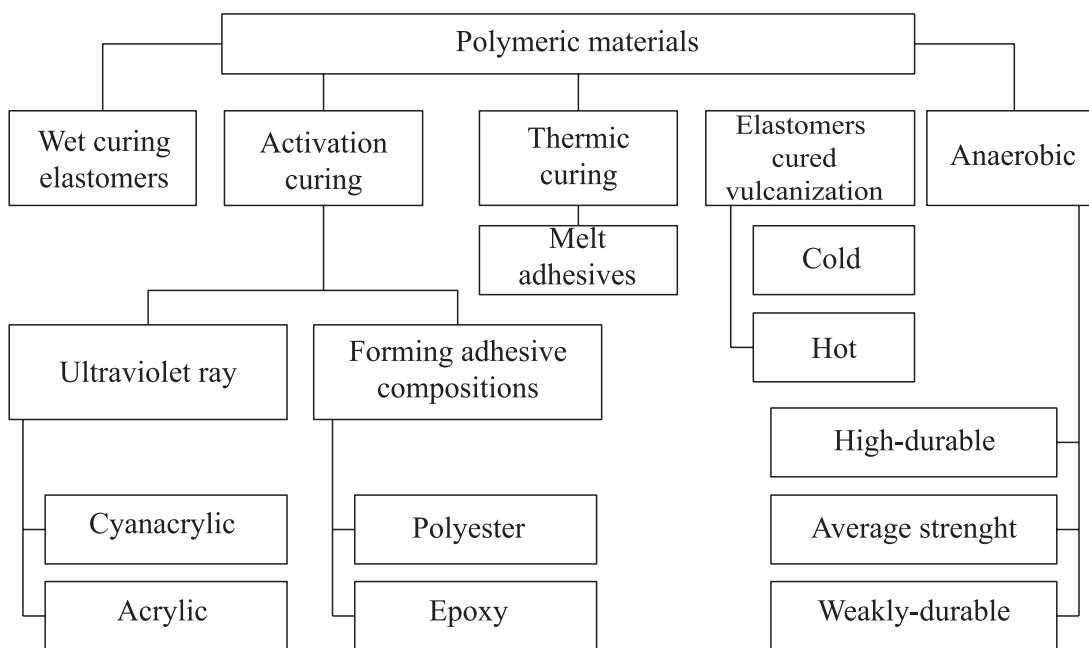


Fig. 2. Classification of polymer materials used in the repair of equipment

equipment that will serve the extension of its service life and maintain in working condition.

The analysis of existing repair technologies presented in figure 1 showed that the existing technologies are divided into technologies used in specialized workshops, General purpose workshops and in the field.

The most effective ways to repair the radiator core are the methods based on the use of polymeric materials, the analysis of which is presented in table 2.

The table shows the compositions (in the form of powder and liquid sealant) which are added to the coolant and forming adhesive compositions.

Analysis of adhesive compositions and their classification, presented in fig. 2, revealed that the repair

of machinery and equipment can be used anaerobic compositions, thermal curing compositions, elastomers cured by vulcanization, compositions cured by activation, elastomers wet curing. It was found that for sealing the radiator core, it is advisable to use adhesives curable by activation of which provide for the introduction of the hardener. The use of such compositions allows to obtain not only the adhesive compound, but also to form a structural material of the required shape without its processing. Such materials are called shape-generating adhesive compositions.

Analysis of the properties of formative polymer compositions based on epoxy resins and their components showed that despite the absence of a unified theory of adhesion, due to the selection of the ad-






Table 1

**Causes and recurrence of defects in the radiator core**

Name defect's	The main causes of the defect	Coefficient repeatabilitys
Internal blockage	Scale, foreign bodies, rust	0,4
Leak in pipes	Destruction of metal as a result of long-term operation (corrosion). Mechanical damage to the core	0,2
Outer core blockage	Oiling. Contamination and clogging of plant residues on the surface of the core	0,8
Support plate cracks and breaks	Separation of the support plates to the tubes. Corrosive destruction of the base plates	0,2
The deformation of the base plates	Curvature and bends of the edges of the core support plates as a result of careless dismantling of radiators, transportation and storage	0,4
Mechanical damage to the core	Circular marks of the fan blades touching the core tubes. Traces of mechanical damage in the form of dents and breaks of tubes of cores. Zachekanka sections of the tubes and their plugs from the outside	0,5
The deformation of the cooling plates	Curvature, crushing, local displacement of the plates, bends of the outer edges of the cooling plates as a result of careless operation, mechanical damage to the cores, transportation and storage	0,6
Tube plug	Elimination of maintenance leaks	0,3
The wrinkling of the ends of the tubes	Careless installation, storage and transportation of the radiator	0,3

Table 2

**Analysis of polymer materials for the repair of radiators of internal combustion engines**

Name composition's	Advantages	Disadvantages
Cooling system sealant Kuhler Dichter (LIQUI MOLY) 	The tool can be used with all kinds of additives in the cooling system and any antifreeze	Seals only small leaks in the radiator, the porosity of the metal in the places of soldering, hair cracks
Powdery sealant with aluminum STOP LEAK (GUNK) 	The compositions are polymerized in places of leaks, forming a plug and quickly stops the leak in the core of the radiator. The composition is equally effective in both water and ethylene glycol solutions	Not able to eliminate large mechanical damage and there is a threat of blockage of tubes and cavities with small cross-section
Two-component adhesive«Liquid metal» Chemical Metal (Loctite) 	Not exposed to fresh and salt water, oil, fuel. Withstands temperatures up to +1600°C	Does not allow to repair damages of internal tubes of a radiator, and also other hard-to-reach damages
Radiator repair kit Quick Solder Radiator Repair (Permatex) 	It is used in the repair of radiators made of steel, brass and aluminum. Resistant to water and antifreeze. Cured for 60 minutes	Seals small holes. Not possible to repair damage to the internal tubes of the radiator
Radiator sealer DOCTOR 	It has high strength and chemical resistance to antifreeze. It has a unique chemical stability, withstands the effects of hydrocarbons	Allows you to repair only easily accessible damage

hesive base, its hardener and filler, it is possible to have an effective effect on the properties of adhesive compositions and obtain polymer compositions of the required properties.

Table 3 presents the technology of repairing the radiator of the internal combustion engine, which

includes the following operations: cleaning, blowing out with compressed air, then placed on the surface of the wooden plate, placed on top of the rubber gasket lubricated with a thin layer of oil, it is placed in the radiator, then fill the leak forming composition.

Table 3  
Radiator Repair Technology

Operations	Instruction and device	Time, min.
Clean	Washer	4–5
To determine the location of the defect	Bath, compressor	6–7
The compressed air	Compressor	2–3
In place of leaks put a rubber gasket lubricated with oil	Rubber gasket, oil	1
Place the radiator horizontally on a wooden stand	Wooden stand	1
Prepare the adhesive composition in the ratio: ЭД-20 — 28,3 %; ТЭТА — 13,3 %; Aluminium powder — 58,3 %	Measuring Cup, spatula	3
Fill the place of the leak composition	Adhesive composition	1
Curing	$t = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$	24 h.

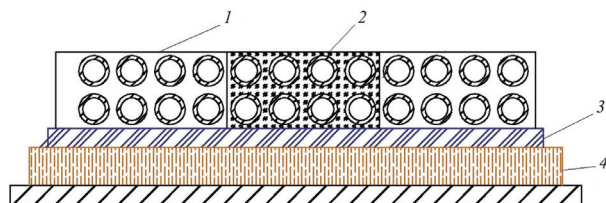


Fig. 3. Technology of sealing the core of the radiator engine: 1 — radiator; 2 — the expected place of the leak is filled with a formative adhesive composition; 3 — rubber strip lubricated with a thin layer of oil; 4 — wooden stand

The advantage of this method is that the exact location of the leak is not necessary to determine, as the reserve area of the radiator is 15–20 % (fig. 3).

Summing up, it should be noted that the analysis of polymer compositions for the repair of equipment made it possible to establish that it is impossible to have one or more universal compositions that would fully satisfy all the needs of repair. Analysis of the properties of forming polymer compositions showed that they can be used to repair cooling radiators.

References

[1] Bashkirtsev Yu.V., Klubnichkin E.E. *Ispol'zovanie kleevykh sostavov dlya vosstanovleniya detaley transportno tekhnologicheskikh mashin lesopromyshlennykh predpriyatiy* [The use of adhesive compositions for the restoration of parts of transport technological machines of timber industry enterprises]. Moscow state forest university bulletin – Lesnoy vestnik, 2011, no. 5 (81), pp. 56–61.  
 [2] Komarov G.V. *Soedineniya detaley iz polimernykh materialov* [Connections of parts from polymeric materials]. St. Petersburg: Professiya [Profession], 2006, 592 p.  
 [3] Bashkirtsev Yu.V. *Tekhnicheskoe obsluzhivanie i remont radiatorov* [Maintenance and repair of radiators]. Moscow: RIAMA, 2013, 39 p.

[4] Kochnova Z.A., Zhavoronok E.S., Chalykh A.E. *Epoksidnye smoly i otverditeli: promyshlennye produkty* [Epoxyes and hardeners: industrial products]. Moscow: Peynt-Media [Paint Media], 2006, 199 p.  
 [5] Bashkirtsev Yu.V., Golubev M.I., Bykov V.V., Golubev I.G. *Tipazh i ekspluatatsiya tekhnologicheskogo oborudovaniya servisnykh predpriyatiy* [Description and operation of technological equipment of service enterprises]. Moscow: RIAMA, 2017, 110 p.  
 [6] Petrova A.P. *Termostoykie kleya* [Heat resistant glue]. Moscow: [Chemistry], 1977, 200 p.  
 [7] Bashkirtsev Yu.V., Golubev I.G., Golubev M.I. *Effektivnost' ispol'zovaniya nanotekhnologii v tekhnicheskoy servise* [The effectiveness of the use of nanotechnology in technical service]. Moscow: RIAMA, 2016, 47 p.  
 [8] Motovilin G.V. *Skleivanie. Parallelnyy slovar'-spravochnik* [Gluing. Parallel dictionary directory]. St. Petersburg: Nauka [Science], 2000, 470 p.  
 [9] Bashkirtsev Yu.V., Nikishina O.S. *Teoreticheskie predposylki ispol'zovaniya formoobrazuyushchikh kleevykh sostavov dlya tekhnicheskogo servisa APK* [Theoretical prerequisites for the use of formative adhesive compositions for the technical service of the agroindustrial complex] *Mezhdunarodnyy nauchnyy zhurnal* [International Scientific Journal], 2010, no. 2, pp. 15–18.  
 [10] Temnikov V.N., Nilov N.I., Bashkirtsev V.I. *Teoreticheskie osnovy razrabotki i primeneniya polimero v tekhnicheskoy servise mashin i oborudovaniya* [Theoretical foundations of the development and use of polymers in the technical service of machinery and equipment]. Moscow: RIAMA, 2010, 229 p.  
 [11] Bashkirtsev Yu.V. *Sovremennye materialy dlya germetizatsii i fiksatsii detaley pri tekhnicheskoy servise v APK* [Modern materials for sealing and fixing parts during the technical service in the AIC]. Moscow: RIAMA, 2013, 36 p.  
 [12] Yudin V.M. *Ochistka mashin i oborudovaniya pri tekhnicheskoy servise*. Moscow: RGAZU, 2015, 44 p.  
 [13] Bashkirtsev Yu.V., Nikishina O.S., Krucher I.L. *Osobennosti razrabotki formoobrazuyushchikh kleevykh sostavov dlya tekhnicheskogo servisa avtomobiley* [Features of the development of formulating adhesive compositions for the technical service of automobiles] *Elektrotekhnicheskie i informatsionnye komplekсы i sistemy* [Electrotechnical and Informational Systems and Systems], 2010, no. 3, v. 6, pp. 58–61.  
 [14] Bashkirtsev Yu.V. *Optimizatsiya kontsentratsii kleevogo sostava s ispol'zovaniem komp'yuternoy programmy Statgraphics Plus dlya vosstanovleniya mashin i oborudovaniya (nauchnaya stat'ya) Tekhnologiya i oborudovanie lesopromyshlennogo proizvodstva* [Optimization of the concentration of the adhesive composition using the computer program Statgraphics Plus for the restoration of machinery and equipment (scientific article) Technology and equipment for timber production] *Nauch. trudy MGUL* [Scientific. proceedings of MGUL], 2011, v. 356, pp. 54–58.  
 [15] Bykov V.V., Golubev I.G., Golubev M.I. *Tekhnologiya i organizatsiya vosstanovleniya detaley i sborochnykh edinit pri servisnom obsluzhivanii* [Technology and organization of the restoration of parts and assembly units for service]. Moscow: MGUL, 2014, 275 p.  
 [16] Bashkirtsev Yu.V., Temnikov V.N., Bashkirtsev V.I. *Primenenie polimernykh materialov pri tekhnicheskoy obsluzhivanii i remonte mashin* [The use of polymeric



- materials in the maintenance and repair of machines]. Moscow: MGUL, 2011, 229 p.
- [17] Eseev A.D. *Epoksidnye svyazuyushchie dlya polimernykh klevov* [Epoxy binders for polymeric adhesives] Klem. Germetiki. Tekhnologii [Clem. Sealants. Technologies], 2005, no. 3, pp. 11–14.
- [18] Bashkirtsev V.I., Slivov A.F. *Razrabotka termostoykogo klevovogo sostava dlya remonta sistemy vypuska otrabotannykh gazov s ispol'zovaniem komp'yuternoy programmy STATGRAPHICS* [Development of heat-resistant adhesive for repairing the exhaust system using the STATGRAPHICS computer program] *Mezhdunarodnyy tekhniko-ekonomicheskiy zhurnal* [International Technical and Economic Journal], 2015, no. 3, pp. 21–23.
- [19] Golubev I.G., Golubev I.G., Bykov V.V. *Perspektivy primeneniya polimernykh nanokompozitsiy* [Prospects for the use of polymer nanocompositions] *Tekhnika i oborudovanie dlya sela* [Machinery and equipment for the village], 2012, no. 1, pp. 9–10.
- [20] Bashkirtsev Yu.V. *Tekhnicheskoe obsluzhivanie i remont radiatorov DVS* [Maintenance and repair of engine radiators]. Moscow: RIAMA, 2013, 39 p.

## Authors' information

**Karavaev Maksim Andreevich** — student of the BMSTU (Mytishchi branch), makckaravaev@gmail.com  
**Bashkirtsev Yuriy Vladimirovich** — Cand. Sci. (Tech.), Associated Professor of the BMSTU (Mytishchi branch), 4022550@mail.ru

Received 19.04.2019.  
Accepted for publication 15.07.2019.