

*gidropnevmoavtomatika stankov* [Hydraulic circuits, hydraulic and pneumatic control systems of machines]. Kiev. High School Publ., 1987. 375 p.

7. Nazemcev A.S., Rybal'chenko D.E. *Pnevmaticheskie i gidravlicheske privody i sistemy. Chast' 2* [Pneumatic and hydraulic circuits and systems. Part 2]. Moscow, Forum Publ., 2007. 304 p.

8. GOST 2.782 – 96. *ESKD. Oboznachenija uslovnnye graficheskie. Mashiny gidravlicheskie i pnevmaticheskie* [State standart ISO 1219 – 91. ESKD. Graphical symbols. Hydraulic and pneumatic machinery]. Introduced 01/01/1998. Moscow: House of Standards Publ., 2002. 11 p.

*Лазута Иван Васильевич (Россия, Омск) – кандидат технических наук, доцент кафедры «Автоматизация производственных процессов и электротехника» ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, 2.368, e-mail: livne@mail.ru).*

*Лазута Екатерина Федоровна (Россия, Омск) – кандидат технических наук, доцент кафедры «Механика» ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, 2.364, e-mail: lazutaef@mail.ru).*

*Lazuta Ivan Vasilievich (Russian Federation, Omsk) – candidate of technical science, associate professor of the department "Automation of production processes and electrical engineering" of The Siberian State Automobile and Highway Academy (SibADI) (644080, Omsk, Mira st., 5, e-mail: livne@mail.ru).*

*Lazuta Ekaterina Fedorovna (Russian Federation, Omsk) – candidate of technical science, associate professor of the department "Mechanics" of the Siberian State Automobile and Highway Academy (SibADI) (644080, Omsk, Mira st., 5, e-mail: lazutaef@mail.ru).*

УДК 621.89:621.436

## АЛГОРИТМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА МОТОРНОГО МАСЛА

А. П. Серков, С. В. Корнеев

Омский государственный технический университет (ОмГТУ), Россия, г. Омск.

**Аннотация.** Приводится алгоритм методики определения остаточного ресурса моторного масла автомобильного транспорта. Методика диагностирования моторных масел основана на технологиях оценки диагностических параметров системы «двигатель – моторное масло» методами капельной пробы и последующей цифровой обработке хроматограмм капельной пробы.

**Ключевые слова:** моторное масло, остаточный ресурс, автомобильный транспорт, капельная проба, цифровая обработка.

### Введение

В соответствии с современными требованиями работоспособность моторных масел оценивается по браковочным показателям: вязкость, кинематическая вязкость, щелочное число, кислотное число, водородный показатель (рН), содержание нерастворимых примесей (осадка), диспергирующие свойства, температура вспышки в открытом тигле, содержание воды [1]. Диспергирующим свойством масла называется его способность препятствовать слипанию углеродистых частиц и удерживать их в состоянии устойчивой суспензии без выпадения шлама и образования отложений [1,2].

### Описание алгоритма определения остаточного ресурса моторного масла

В практике технической диагностики двигателей экспресс-методы оценки диагностических параметров системы «двигатель – моторное масло» методом

капельной пробы по внешнему виду позволяют определять диспергирующие свойства (ДС) моторного масла по соотношению диаметров его ядра и диффузии. Одним из рекомендованных средств экспресс-диагностики, в котором используется метод капельной пробы, является лаборатория экспресс-анализа качества и состояния моторных масел и рабочих жидкостей гидросистем ЛАМА-7.

Визуальная (субъективная) оценка и недостаточная точность определения количественного показателя ДС не позволяют выполнять достоверные оценки. Методика диагностирования и определения остаточного ресурса моторного масла [3,4] основана на технологиях оценки диагностических параметров системы «двигатель – моторное масло» методами капельной пробы и последующей цифровой обработке хроматограмм капельной пробы. Методика выполняется согласно алгоритма (рис. 1).

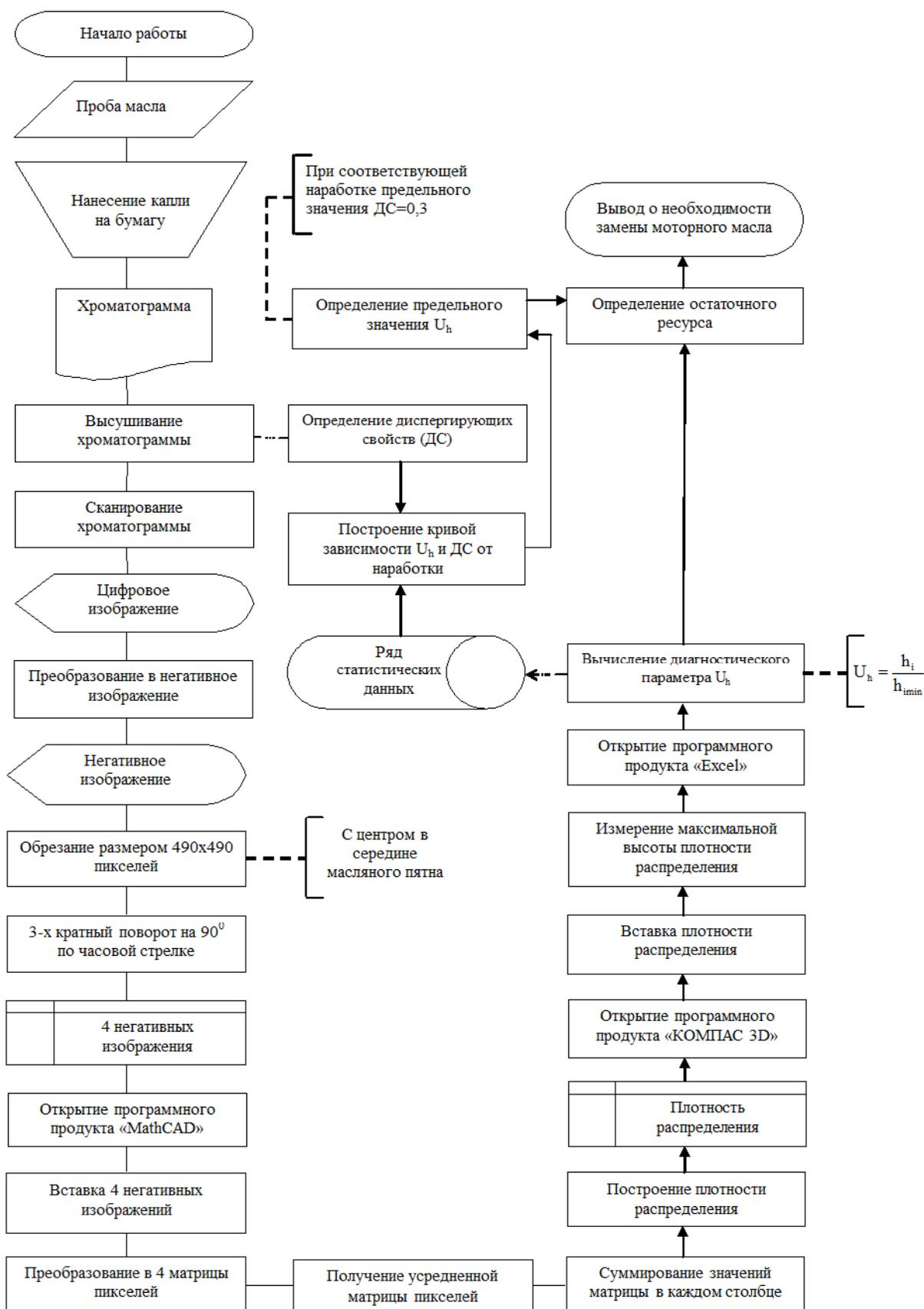


Рис. 1. Схема алгоритма методики диагностирования и определения остаточного ресурса моторного масла

В начале работы выполняется забор пробы масла из картера двигателя. Затем капля масла наносится на фильтровальную бумагу беззольный фильтр «синяя лента». Согласно ЛАМА-7, диспергирующие свойства моторных масел оцениваются после высушивания расплывающейся капли масла в течение определенного времени по величине размеров ядра и диффузионной зоны масляного пятна, получаемого на хроматографической бумаге, и их соотношению. Используя сканирующее устройство, получается цветное цифровое изображение. Полученное позитивное изображение преобразуется в негативное и обрезается квадратом с центром в середине масляного пятна при помощи средств персонального компьютера (ПК) с последующим 3-х кратным поворотом изображения на 90° по часовой стрелке для исключения неравномерности растекания

масляного пятна. Таким образом, получено 4 изображения одного масляного пятна, что дает возможность уменьшить влияние неравномерного растекания масляного пятна.

Полученное негативное цифровое изображение вставляется в документ «MathCAD». В среде «MathCAD» осуществляется преобразование цифрового черно-белого изображения масляного пятна в массив пикселей, число элементов которого, равно общему количеству пикселей с различной яркостью и контрастностью в негативном черно-белом изображении. Далее для получения матрицы, элементы которой соответствуют яркости отдельных пикселей цифрового изображения, с помощью оператора `submatrix(M,.....)` вырезается заданная часть матрицы и программой создается матрица с заданным количеством значений (рис. 2).

```
READ_IMAGE("Г:\Мои документы\Диссертация\Пробы Газпром\Негатив\1.jpg")
```

```
i := 0..489 j := 0..489
```

```
m := READ_IMAGE("Г:\Мои документы\Диссертация\Пробы Газпром\Негатив\1x90.jpg")
```

```
Matrix1 := submatrix(M,0,489,0,489)
```

Matrix1 =

	0	1	2	3	4	5	6	7	8
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	...

```
Matrix2 := submatrix(m,0,489,0,489)
```

Matrix2 =

	0	1	2	3	4	5	6	7	8
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	...

```
mm := READ_IMAGE("Г:\Мои документы\Диссертация\Пробы Газпром\Негатив\1x180.jpg")
```

```
Matrix3 := submatrix(mm,0,489,0,489)
```

Matrix3 =

	0	1	2	3	4	5	6	7	8
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	...

```
MM := READ_IMAGE("Г:\Мои документы\Диссертация\Пробы Газпром\Негатив\1x270.jpg")
```

```
Matrix4 := submatrix(MM,0,489,0,489)
```

Matrix4 =

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...

Рис. 2. Считывание значений яркости и контрастности пикселей цифровых хроматограмм моторного масла и построение плотностей распределений

После чего осуществляется суммирование элементов (значений матрицы) в каждом столбце, сглаживание и построение графика зависимости интенсивности яркости пикселей от их координат, который является

плотностью распределения яркости и контрастности пикселей цифрового негативного отпечатка масляного пятна в заданном интервале (рис. 3).

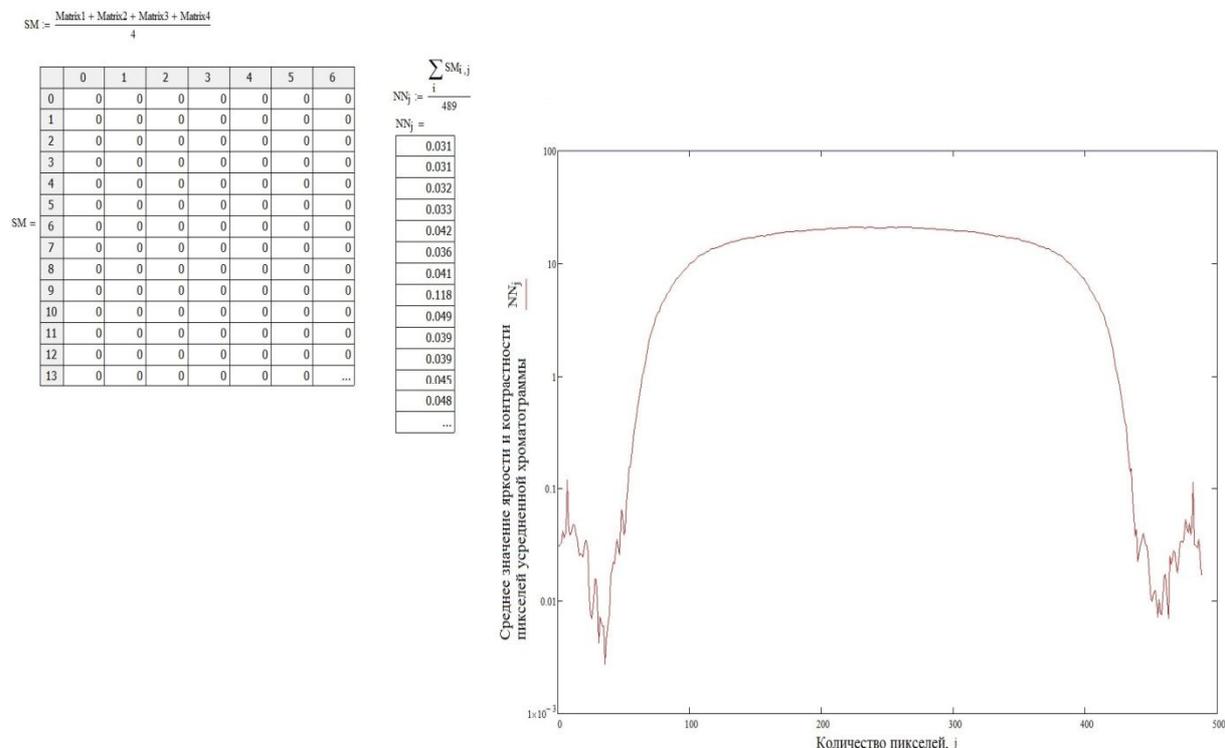


Рис. 3. Получение плотности распределения пикселей по среднему значению 4-х матриц

Полученная плотность распределения интенсивности  $NN_j$  от координаты  $j$  и негативное изображение масляного пятна вставляется в документ «Kompas-3D» определяется высота графика  $h$  возможностями «Kompas-3D» (рис.4) – характеризует обобщенные показатели для всего масляного пятна (степень загрязнения, окисления и моющие свойства) и ориентировочно среднее значение, возле которого группируются все возможные значения.

При наличии набора статистических данных предложенной методикой определяется предлагаемый диагностический параметр показателей качества моторного масла:

-  $U_h$  – диагностический параметр, характеризующий изменения высоты плотности распределения двумерного массива - определяется измерениями высот  $h$  графиков плотностей распределений двумерных массивов и характеризует их увеличение по отношению к начальному значению, соответственно, характеризует

соотношения диаметров ядра и зоны диффузии хроматограмм

$$U_{hi} = \frac{h_i}{h_{min}}, \quad (1)$$

где  $h_i$  – измеренное значение высоты плотности распределения двумерного массива, мм;  $h_{min}$  – высота графика двумерного массива, соответствующая измерению при минимальной наработке с момента замены моторного масла, мм.

Для назначения срока замены моторного масла по его фактическому состоянию необходимо определить соответствующие браковочные показатели. Одним из таких показателей может служить показатель ДС, предельное значение которого составляет 0,3 согласно рекомендациям лаборатории ЛАМА-7.

Сопоставляя результаты ДС по назначению предельной наработки моторного масла по его фактическому состоянию с диагностическим параметром  $U_h$  может быть назначено его предельно допустимое значение.

Известно, что для количественной оценки величины остаточного ресурса агрегата или узла машины достаточно определить приращение измеряемого значения диагностического параметра относительно его начального значения [5]. При этом величина остаточного ресурса, в том числе и для моторного масла может определяться по формуле [6]

$$t_{\text{ост}} = t_i \cdot \left[ \left( \frac{U_{\text{max}} - U_{\text{min}}}{U_i - U_H} \right)^{\frac{1}{\alpha}} - 1 \right], \quad (2)$$

где  $t_{\text{ост}}$  – остаточный ресурс моторного масла, мото.-ч;  $t_i$  – текущая наработка с момента замены моторного масла, мото.-ч;  $\alpha$  – показатель степени, характеризующий интенсивность изменения принятого для оценки диагностического параметра во всем

диапазоне наработки (определяет условия эксплуатации, режимы работы и техническое состояние двигателя);  $U_{\text{max}}$  – предельное значение диагностического параметра системы «двигатель - моторное масло»;  $U_{\text{min}}$ ,  $U_H$  – начальное значение диагностического параметра системы «двигатель - моторное масло»;  $U_i$  – измеренное значение диагностического параметра системы «двигатель - моторное масло».

Показатель степени  $\alpha$  можно определить, используя выражение [7]

$$\alpha_i = \frac{\ln(\Delta U_{i+1} / \Delta U_i)}{\ln(t_{i+1} / t_i)}, \quad (3)$$

где  $\Delta U$  – приращение диагностического параметра.

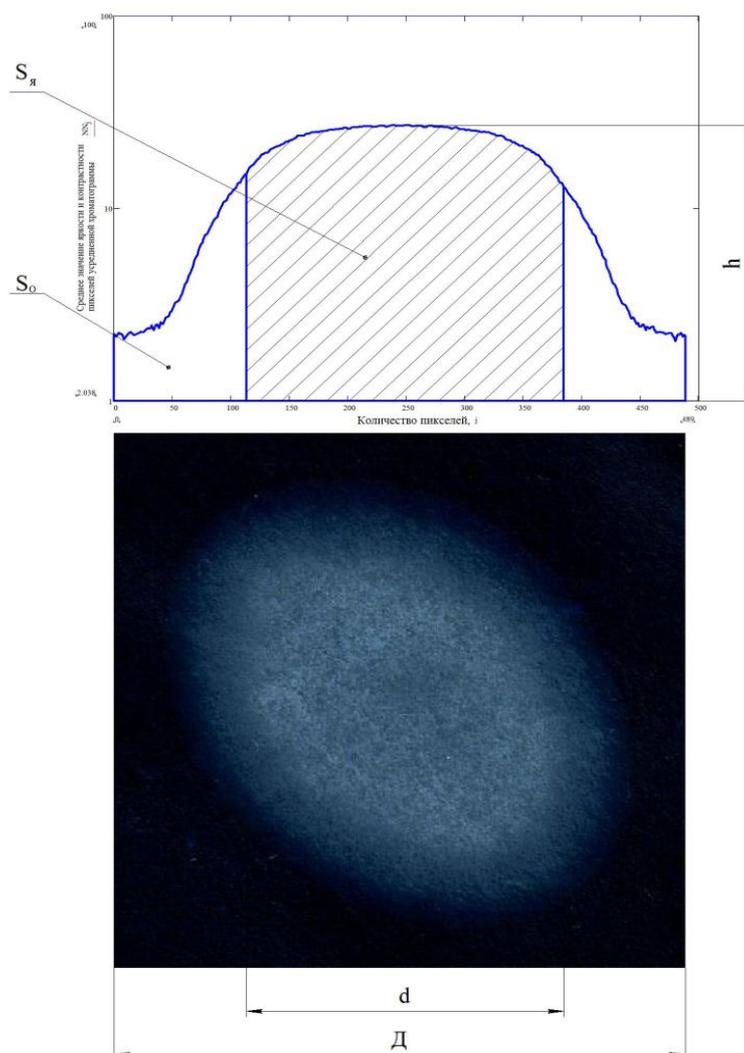


Рис. 4. Основные характеристики плотностей распределения пикселей в массивах цифровых отпечатков капельных проб моторного масла

### Заключение

Используя полученные данные об остаточном ресурсе моторного масла, становится возможным его замена по фактическому состоянию, что снизит эксплуатационные расходы, повысит ресурс и надежность автомобильного транспорта, контроль качества обслуживания, может быть дана оценка необходимости и объема технических воздействий.

### Библиографический список

1. Корнеев, С.В. О работоспособности моторных масел / С.В. Корнеев // Двигателестроение. – 2004. – № 4. – С. 36-38.
2. Васильева, Л.С. Автомобильные эксплуатационные материалы: Учебник для вузов / Л.С. Васильева. – М.: Транспорт, 1986. – 279 с.
3. Корнеев, С.В. Обеспечение работоспособности двигателей рациональной заменой моторных масел / С.В. Корнеев, А.П. Серков, В.И. Иванов // Строительные и дорожные машины. – 2012. – № 9. – С. 29-32.
4. Иванов, В.И. Обеспечение долговечности двигателей дорожно-строительных машин путем выбора и назначения рациональных сроков замены моторных масел / В.И. Иванов, А.П. Серков // Омский научный вестник. Серия: приборы, машины и технологии. – 2011. – № 2(100). – С. 157 – 162.
5. Михлин, В.М. Управление надежностью сельскохозяйственной техники / В.М. Михлин. – М.: Колос, 1984. – 213 с.
6. Иванов, В.И. Техническая диагностика строительных, дорожных и коммунальных машин: Учебное пособие / В.И. Иванов, В.Н. Кузнецова, Р.Ф. Салихов, Е.А. Рыжих. – Омск: Изд-во СибАДИ, 2006. – Часть 1. Теоретические основы технической диагностики СДКМ. – 132 с.
7. Максименко, А.Н. Диагностика строительных, дорожных и подъемно-транспортных машин: Учебное пособие / А.Н. Максименко, Г.Л. Антипенко, Г.С. Лягушев – СПб.: БХВ-Петербург, 2008. – 302 с.

### THE ALGORITHM FOR DETERMINING THE REMAINING RESOURCE OF MOTOR OIL

A. P. Serkov, S. V. Korneev

**Abstract.** There is presented an algorithm of the method for determining the remaining resource of motor oil of automobile transport. Method for diagnosing motor oils is based on the technology of assessing diagnostic parameters of the system "engine - motor oil" using methods of drop test and subsequent digital processing of drop test's chromatograms.

**Keywords:** motor oil, remaining resource, automobile transport, drop test, digital processing.

### References

1. Korneev S.V. O rabotosposobnosti motornyh masel [On the performance of motor oils]. *Dvigatelistroenie*, 2004, no 4. pp. 36-38.
2. Vasil'eva L.S. Avtomobil'nye jekspluatacionnye materialy: Uchebnik dlja vuzov [Automobile maintenance supplies]. Moscow, Transport, 1986. 279 p.
3. Korneev S.V., Serkov A.P., Ivanov V.I. Obespechenie rabotosposobnosti dvigatelej racional'noj zamenoj motornyh masel [Ensuring the operability of engines with a rational substitution of motor oils]. *Stroitel'nye i dorozhnye mashiny*, 2012, no 9. pp. 29-32.
4. Ivanov V.I., Serkov A.P. Obespechenie dolgovechnosti dvigatelej dorozhno-stroitel'nyh mashin putem vybora i naznachenija racional'nyh srokov zameny motornyh masel [Enduring longevity of engines of construction machinery by selecting and setting rational terms for replacement of motor oils]. *Omskij nauchnyj vestnik. Serija: pribory, mashiny i tehnologii*, 2011, no 2(100). pp. 157 – 162.
5. Mikhlin V.M. *Upravlenie nadezhnost'ju sel'skhozajstvennoj tehniki* [Management of agricultural machinery's reliability]. Moscow, Kolos, 1984. 213 p.
6. Ivanov V.I., Kuznecova V.N., Salihov R.F., Ryzhih E.A. *Tehnicheskaja diagnostika stroitel'nyh, dorozhnyh i kommunal'nyh mashin: Uchebnoe posobie* [Technical diagnostics of building, road and municipal machines]. Omsk, Izd-vo SibADI, 2006. Chast' 1. Teoreticheskie osnovy tehniceskoy diagnostiki SDKM. 132 p.
7. Maksimenko A.N., Antipenko G.L., Ljagushev G.S. *Diagnostika stroitel'nyh, dorozhnyh i podemno-transportnyh mashin: Uchebnoe posobie* [Diagnostics of building, road, carrying and lifting machines: textbook]. St. Petersburg, BHV-Peterburg, 2008. 302 p.

*Корнеев Сергей Васильевич (Россия, г. Омск) – доктор технических наук, профессор кафедры «Нефтехимические технологии и оборудование» Нефтехимический институт, Омский государственный технический университет (ОмГТУ) (644050, Омск, ул. Мира, 11, e-mail: Nhi@omgtu.ru).*

*Серков Артем Петрович (Россия, г. Омск) – соискатель кафедры «Эксплуатация и сервис технологических машин и комплексов в строительстве» ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира 5, e-mail: t7\_85@mail.ru).*

*Korneev Sergei Vasilievich (Russian Federation, Omsk) – doctor of technical sciences, professor of the department "Petrochemical technology and equipment" of Petrochemical Institute, Omsk State Technical University (OmSTU) (644050, Omsk, Mira St., 11, e-mail: Nhi@omgtu.ru).*

*Serkov Artem Petrovich (Russian Federation, Omsk) – candidate for a degree of the department "Operation and service of technological machines and complexes in construction", The Siberian State Automobile and Highway Academy (SibADI) (644080, Omsk, Mira st., 5, 2.368, e-mail: t7\_85@mail.ru).*