УДК 66.012 DOI: 10.34031/ES.2023.2.008

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕПЛООБМЕНА И РАБОТЫ ГИДРОПРИВОДА ЭКСКАВАТОРА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ РЕГЕНЕРИРОВАННОГО МАСЛА

Корочкина Е. Е.[1], Пахотина И. Н.[2]

[1]ИГЭУ, [2]ИВГПУ, г. Иваново

Аннотация

В данной статье рассматривается методика оптимизации конструкции теплообменника для охлаждения рабочей жидкости и гидравлического привода строительно-дорожных машин на примере экскаватора с использованием регенерированного масла. Авторами проведен анализ влияния процесса регенерации масла на работу гидросистемы экскаватора и влияния регенерированного масла на работу теплообменного аппарата гидравлического привода экскаватора, который служит для охлаждения рабочей жидкости экскаватора. Регенерация отработанных масел является одним из наиболее перспективных способов экономии смазочных материалов, а также защиты окружающей среды от попадания в нее как непосредственно масел, так и продуктов сгорания при их утилизации. В отличие от нефти и жидких топлив отработанные масла не испаряются и в меньшей степени подвержены биоразложению. На современном этапе развития человеческого сообщества пока нет объективной возможности создания безотходной системы обеспечения его жизнедеятельности. Однако организация рационального природопользования вполне возможна. Одним из путей решения этой проблемы является разработка новых и совершенствование существующих технологий переработки сырьевых ресурсов, в частности, регенерация отработанных масел. В гидросистеме циркулирует до 15 литров масла. Цена масла достаточно высокая. Поэтому использовать регенерированное масло целесообразно с точки экономии материальных средств и улучшения экологической обстановки.

***Ключевые слова**: теплообменник, гидропривод, оптимизация, регенерация, экскаватор.*

STUDY OF EFFECIENCY OF HEAT TRASFER AND OPERATION OF AN EXCAVATOR HYDRAULIC DRIVE WHEN USING REGENERATED OIL

Elena Korochkina[1], Irina Pahotina[2]

[1]Ivanovo State Energy University, [2]Ivanovo State Polytechnic University, Ivanovo

Abstract

This article discusses the technique of optimizing the desing of the exchanger for cooling the working fluid of the hydraulic drive of road-building machines on the example of excavator. The authors analyzed the effect jf the oil regeneration process on the operation of the excavator's hydraulic system and the effect of regenerated oil on the operation of the regenerated oil on the operation of the excavator's hydraulic drive heat exchanger, which serves to cool the excavator's working fluid. The regeneration of used oils is one of the most promising ways to save lubrications, as well protect the environment from getting into it both directly oils and combustion products during their disposal. Unlike oil liquid fuels, waste oils do not evaporate and are less susceptible to biodegradation. At the present stage of development of the human community, there is still no objective possibility of creating a waste-free system for ensuring its vilal activity. However, the organization of rational use of natural resources is quite possible. One of the ways to solve this problem is to develop new and improve existing technologies for the conversion of raw materials, in particular, the regeneration of

used oils. Up to 15 liters of oil circulates in the hydraulic system. The price of oil is quite high. Therefore, it is advisable to use regenerated oil from resources and improving the ecological situation.

Keywords: *exchange, hydraulic drive, optimization, regeneration, excavator.*

Введение

В работе проведён расчет теплообмена и работы гидропривода экскаватора марки ЭО-214111, при использовании в гидросистеме масла после его регенерации.

Регенерация отработанных масел является одним из наиболее перспективных способов экономии смазочных материалов, а также защиты окружающей среды от попадания в нее как непосредственно масел, так и продуктов сгорания при их утилизации. В отличие от нефти и жидких топлив отработанные масла не испаряются и в меньшей степени подвержены биоразложению [1].

Материалы и методы (Materials and Methods)

На современном этапе развития человеческого сообщества пока нет объективной возможности создания безотходной системы обеспечения его жизнедеятельности. Однако организация рационального природопользования вполне возможна. Одним из путей решения этой проблемы является разработка новых и совершенствование существующих технологий переработки сырьевых ресурсов, в частности, регенерация отработанных масел.

В гидросистеме циркулирует до 15 литров масла. Цена масла достаточно высокая. Поэтому использовать регенерированное масло целесообразно с точки экономии материальных средств и улучшения экологической обстановки. Сравним результаты расчета эффективности теплообмена и работы гидросистемы при использовании нового масла и масла после регенерации.

В гидросистеме экскаватора применяется воздушно-масляный теплообменник с устройством орошения. Для гидравлической системы экскаватора ЭО-412111 выбираем воздушно-масляный теплообменник серии MG AIR 2015K. Этот теплообменник состоит из радиатора, внутри которого циркулирует охлаждаемое гидравлическое масло, вентилятора – создающего воздушный поток через радиатор, защитного кожуха и термостата для поддержания температуры в установленном диапазоне. Также в выбранной модели теплообменника применяется система орошения, состоящая из распылителей, расположенных между поверхностью теплообмена и вентилятора, в которую поступает охлаждающая жидкость посредством насоса [2].

Критериальное уравнение теплоотдачи при переходном режиме течения жидкости в трубах имеет вид:

$$\mathrm{Nu_r} = \mathrm{C} \cdot \mathrm{Pr}^{0.43} \left(\frac{\mathrm{Pr}}{\mathrm{Pr_{ст}}}\right)^{\frac{1}{3}} \cdot \varepsilon_\mathrm{l}, \quad (1)$$

где Pr – критерий Прандтля при t=80°C, $Pr = 591$ [3]; Pr_{cm} – критерий Прандтля для теплоносителя при температуре стенки; ε_l – коэффициент, зависящий от соотношения длинны участка трубы к диаметру трубы всасывающей гидролинии, $\varepsilon_l = 1{,}22$[5]; C – коэффициент, зависящий от режима течения жидкости, C=8,3 [3].

Коэффициент теплопередачи k_i, Вт/м^2·град:

$$k_i = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1 \cdot Dl_r} + \frac{1}{2 \cdot \lambda} \cdot ln\left(\frac{D2_\mathrm{т}}{Dl_r}\right) + \frac{1}{\alpha_{22} \cdot D2_\mathrm{т}}} \quad (2)$$

где λ – коэффициент теплопроводности стенки, λ = 0,15 Вт/(м·К).

$$k_i = \frac{1}{\frac{1}{449{,}23 \cdot 0{,}04} + \frac{1}{2 \cdot 0{,}15} \cdot \ln\left(\frac{0{,}0438}{0{,}04}\right) + \frac{1}{183.38 \cdot 0{,}0438}} = 2{,}072 \text{Вт/м}^2 \cdot \text{град}$$

Линейная плотность теплового потока q_l, Вт/м [5]

$$\mathrm{Q_l} = \pi \cdot \mathrm{D2l} \cdot \mathrm{k_i} \cdot (\mathrm{t_c} - \mathrm{t_в}) \quad (3)$$

$$Q_l = 3{,}14 \cdot 0.5 \cdot 1{,}205 \cdot 2{,}072 \cdot (75 - 35) = 156{,}8 \frac{Вт}{м}.$$

Найдем температуру рабочей жидкости на выходе из теплообменника $t_{вых}$,°С

$$t_{\text{вых}} = t_{\text{вход}} - \frac{q_l \cdot l \cdot n \cdot k}{G_{\text{ж}} \cdot \mathrm{c_s}}, \quad (4)$$

где $t_{вход}$ – температура рабочей жидкости на входе в теплообменник, °С, $t_{вход}$ =75°С; k – количество рядов труб, шт, $k = 4\ шт$; n – количество труб в одном ряду, шт, $n = 9\ шт$; $G_{ж}$ –массовый расход рабочей жидкости (масла), кг/с [4].

$$\mathrm{G_ж} = \mathrm{Q} \cdot \rho,$$

где Q – обьемная подача насоса, л/мин, Q =79,8 л/мин; ρ – плотность рабочей жидкости, кг/м^3, $\rho = 860$кг/м^3.

$$G_{\text{ж}} = \frac{79{,}8 \cdot 10^{-3} \cdot 860}{60} = 1{,}14 \text{ кг/с},$$

$$t_{\text{вых}} = 75 - \frac{151{,}348 \cdot 10^{-2} \cdot 0{,}5 \cdot 9 \cdot 4}{1{,}14 \cdot 0{,}92} = 49 \text{ °С}$$

Мощность, развиваемая насосом N, Вт/с

$$N = Q \cdot \Delta P, \quad (5)$$

где ΔP – суммарные потери давления в теплообменнике $МПа$, $\Delta P = 0{,}0556\ МПа$.

$$N = \frac{79{,}8 \cdot 10^{-3} \cdot 0{,}556}{60} = \frac{0{,}74\text{Вт}}{\text{с}}.$$

При регенерации масла его кинематическая вязкость снижается на 15%. С учетом этого найдем тепловой поток в окружающую среду при использовании в гидросистеме регенерированного масла [6].

Теплоотдача при переходном режиме течения жидкости в трубах:

$$\mathrm{Nu_r} = \mathrm{C} \cdot \mathrm{Pr}^{0.43} \left(\frac{\mathrm{Pr_ж}}{\mathrm{Pr_{ст}}}\right)^{\frac{1}{3}} \cdot \varepsilon_\mathrm{l}, \quad (6)$$

$$\mathrm{Pr_{ст}} = \frac{\mu \cdot \mathrm{C_{рм}}}{\lambda}, \quad (7)$$

где $C_{рм}$ — удельная теплоёмкость масла, кДж/(кг·К), $C_{рм}$ =1670 Дж/(кг·К); μ — коэффициент динамической вязкости, Па·с, μ = 399,3 Па·с; λ — коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К), λ =0,134 Вт/(м·К).

Критерий Прандтля (при температуре стенки), $Pr_{ст}$

$$Pr_{\text{ст}} = \frac{334{,}305 \cdot 1670 \cdot 10^{-4}}{0{,}134} = 374{,}343$$

$$Nu_r = 8{,}3 \cdot (591)^{0.43} \left(\frac{591}{374{,}343}\right)^{\frac{1}{3}} \cdot 1{,}22 = 182{,}91.$$

Число Пекле $Pe_г$

$$Pe_г = \frac{V \cdot Dl_r}{\lambda_ж}, \quad (8)$$

где V – скорость движения жидкости в канале, м/с, V = 0,94 м/с; Dl_r – внутренний диаметр канала, м, Dl_r = 0,04 м; $\lambda_ж$ – коэффициент теплопроводности жидкости,Вт/(м·К), $\lambda_ж$ =0,134 Вт/(м·К).

$$Pe_г = \frac{0{,}94 \cdot 0{,}04}{0{,}134} = 0{,}2806.$$

Коэффициент теплоотдачи при переходном режиме течения жидкости в трубах α_1, Вт/(м^2·град)

$$\alpha_1 = \frac{Nu_r \cdot \lambda_ж}{Dl_r}, \quad (9)$$

$$\alpha_1 = \frac{182{,}91 \cdot 0{,}134}{0{,}04} = 612{,}75 \frac{Вт}{м^2 \cdot град}.$$

Коэффициент теплоотдачи k_i, Вт/м^2·град, определим как:

$$k_i = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1 \cdot Dl_r} + \frac{1}{2 \cdot \lambda} \cdot \ln\left(\frac{D2_т}{Dl_r}\right) + \frac{1}{\alpha_{22} \cdot D2_т}}, \quad (10)$$

где λ – коэффициент теплопроводности стенки, $\lambda = 0{,}15$ Вт/(м·К);

$$k_i = \frac{1}{\frac{1}{612{,}75 \cdot 0{,}04} + \frac{1}{2 \cdot 0{,}15} \cdot \ln\left(\frac{0{,}0438}{0{,}04}\right) + \frac{1}{183.38 \cdot 0{,}0438}} = 2{,}137 \text{ Вт/м}^2\text{·град}.$$

Линейная плотность теплового потока q_l, Вт/м

$$Q_l = \pi \cdot D2l \cdot k_i \cdot (t_c - t_в), \quad (11)$$

$$Q_l = 3{,}14 \cdot 0.5 \cdot 1{,}205 * 2{,}137 \cdot (75 - 35) = 161{,}71 \frac{Вт}{м}.$$

Коэффициент теплопередачи при использовании регенерированного масла увеличился на :

$$\delta = \frac{2.137 - 2{,}072}{2.137} \cdot 100 = 3{,}04\%$$

Тепловой поток при использовании регенерированного масла увеличился на:

$$\delta = \frac{161{,}71 - 156{,}8}{161{,}71} \cdot 100 = 3{,}036\%$$

Определим гидравлические потери в трубопроводах РВД-12. Гидравлические потери включают потери давления в трубопроводах и местные сопротивления. Различают суммарные гидравлические потери в гидроприводе $\Delta P_{пр}$, а также гидравлические потери в напорной $\Delta P_н$ и сливной $\Delta P_{сл}$ гидролиниях.

Потери давления на трение при движении жидкости $\Delta P_{тр}$, кПа:

$$\triangle P_{\text{тр}} = \lambda \cdot \frac{L}{d_y} \cdot \frac{v^2 \cdot \rho}{2}, \quad (12)$$

где λ – коэффициент потерь по длине трубопровода; ν – средняя скорость потока жидкости, м/с²; ρ – плотность рабочей жидкости, кг/м³; L и d_y – длина и внутренний диаметр рассматриваемого участка трубопровода, м.

При ламинарном течении жидкости для гибких трубопроводов коэффициент потерь по длине трубопровода λ:

$$\lambda = \frac{80}{R_e} \leq 1600, \quad (13)$$

где R_e – число Рейнольдса:

$$R_e = \frac{v \cdot d_y}{\vartheta}, \quad (14)$$

где v – средняя скорость потока жидкости, м/с; d_y – внутренний диаметр трубопровода, мм; ϑ – кинематическая вязкость, м²/с, $\vartheta = 220 \cdot 10^{-6}$ м²/с.

Средняя скорость потока жидкости v, м/с:

$$v = \frac{4 \cdot Q_n}{\pi \cdot {d_y}^2}; \quad (15)$$

$$v = \frac{4 \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-3}}{3{,}14 \cdot (0{,}02)^2} = 5{,}1 \text{ м/с};$$

$$R_e = \frac{5{,}1 \cdot 0{,}02}{220 \cdot 10^{-6}} = 463{,}6;$$

$$R_e = 463{,}6 < 1600 - \text{ламинарное}.$$

$$\lambda = \frac{80}{463} = 0{,}173;$$

$$\triangle P_{\text{тр}} = 0{,}173 \cdot \frac{0{,}65}{0{,}02} \cdot \frac{(5{,}1)^2 \cdot 880}{2} = 64{,}3 \text{ кПа}.$$

Для регенерированного масла, кинематическая вязкость, ϑ, м²/с, равна:

$$\vartheta = 187 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}.$$

Средняя скорость потока жидкости v, м/с:

$$v = \frac{4 \cdot Q_n}{\pi \cdot {d_y}^2}; \quad (16)$$

$$v = \frac{4 \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-3}}{3{,}14 \cdot (0{,}02)^2} = 5{,}1 \frac{\text{м}}{\text{с}};$$

$$R_e = \frac{5{,}1 \cdot 0{,}02}{187 \cdot 10^{-6}} = 545{,}5;$$

$$R_e = 545{,}5 < 1600 - \text{ламинарное};$$

$$\lambda = \frac{80}{545{,}5} = 0{,}146;$$

$$\triangle P_{\text{тр}} = 0{,}146 \cdot \frac{0{,}65}{0{,}02} \cdot \frac{(5{,}1)^2 \cdot 880}{2} = 54{,}3 \text{ кПа}.$$

Потери давления в остальных трубопроводах рассчитываются аналогично.

Гидравлические потери в трубопроводах при использование регенерированного масла в гидросистеме экскаватора уменьшаются на :

$$\delta = \frac{64{,}3 - 54{,}33}{64{,}3} 100 = 15{,}5\%.$$

Найдем потери давления в элементах гидропривода. Потери давления в гидрораспределителе $\triangle P_{\text{э}}$, кПа:

$$\triangle P_{\text{г}} = \xi_{\text{э}} \cdot \frac{v^2 \cdot \rho}{2}, \quad (17)$$

где $\xi_{\text{э}}$ – коэффициент гидропривода местного сопротивления для золотникового гидрораспределителя, $\xi_{\text{э}} = 4$; v – средняя скорость потока жидкости, м/с.

Средняя скорость потока жидкости:

$$v = \frac{4 \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-3}}{3{,}14 \cdot (0{,}012)^2} = 14{,}2 \frac{\text{м}}{\text{с}};$$

$$\triangle P_{\text{г}} = 4 \cdot \frac{14{,}2^2 \cdot 880}{2} = 354{,}9 \text{ кПа}.$$

Потери давления в фильтре $\triangle P_{\text{ф}}$, кПа:

$$\triangle P_{\text{ф}} = \xi_{\text{э}} \cdot \frac{v^2 \cdot \rho}{2}, \quad (18)$$

где $\xi_{\text{э}}$ – коэффициент гидропривода местного сопротивления для фильтра, $\xi_{\text{э}} = 2{,}5$.

$$v = \frac{4 \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-3}}{3{,}14 \cdot (0{,}032)^2} = 1{,}99 \text{ м/с};$$

$$\triangle P_{\text{ф}} = 2{,}5 \cdot \frac{1{,}99^2 \cdot 880}{2} = 4{,}4 \text{ кПа}.$$

Потери давления в местных сопротивлениях (штуцере) $\triangle P_{\text{шт}}$, кПа:

$$\triangle P_{\text{шт}} = \beta \cdot \xi_{\text{м.сопр}} \cdot \frac{v^2 \cdot \rho}{2}, \quad (19)$$

где β – поправочный коэффициент, учитывающий зависимость потерь на местном сопротивлении от числа R_{e} , при ламинарном режиме течения $\beta = 1$; $\xi_{\text{м.сопр}}$ – коэффициент местного сопротивления, $\xi_{\text{м.сопр}} = 0{,}12$.

$$\triangle P_{\text{шт}} = 1 \cdot 0{,}12 \cdot \frac{14{,}2^2 \cdot 880}{2} = 10{,}6 \textit{ кПа}.$$

Суммарные гидравлические потери в гидроприводе $\triangle P_{\text{пр}}$, кПа, складываются из потерь давления в трубопроводах, элементах гидропривода и местных сопротивлениях:

$$\triangle P_{\text{пр}} = 2 \sum \triangle P_{\text{тр}} + 2 \sum \triangle P_{\text{г}} + 2 \sum \triangle P_{\text{ф}} + 8 \sum \triangle P_{\text{шт}}, \quad (20)$$

$$\triangle P_{\text{пр}} = 2 \cdot 64{,}3 + 2 \cdot 354{,}9 + 2 \cdot 4{,}4 + 8 \cdot 10{,}6 = 932 \text{ кПа}.$$

Для регенерированного масла потери давления составят:

$$\triangle P_{\text{пр}} = 2 \cdot 54{,}3 + 2 \cdot 354{,}9 + 2 \cdot 4{,}4 + 8 \cdot 10{,}6 = 922 \text{ кПа}.$$

В результате суммарные гидравлические потери давления масла снизились на величину

$$\delta = \frac{932 - 922}{932} 100 = 1{,}07\%.$$

Выводы (Conclusion)

Суммарные гидравлические потери в гидроприводе экскаватора при использовании регенерированного масла уменьшаются на 1,07 %. При использовании масла после регенерации коэффициент теплопередачи увеличился на 3,04%, а тепловой поток увеличился на 3,036%. Уменьшение суммарных гидравлических потерь в гидроприводе экскаватора связано с уменьшением кинематической вязкости масла после регенерации.

Применение регенерированного масла улучшает интенсифицирует процесс теплообмена в теплообменном аппарате гидросистемы экскаватора. Это связано с уменьшением кинематической вязкости регенерированного масла.

Уменьшение кинематической вязкости регенерированного масла не ухудшает работоспособность гидропривода экскаватора, но уменьшает гидравлические потери и улучшает работу теплообменного аппарата [7].

Библиографический список

1. Азимов Ш.А., Арсланов Ш.С. Регенерация отработанных моторных масел бетонитом Навбрахского месторождения и оптимизация их использования [Электронный ресурс] // Universum: технические науки.– 2020. – № 12(81). URL: https://7universum.com/ru/tech/archive/item/11043 (дата обр. 01.11.2023 г.).
2. Альмохаммад А.М. Совершенствование систем приводов гидрофицированных машин для эксплуатации в условиях высоких температур: Автореф. дисс. … канд. техн. наук: – Братск: БГУ, 2015. – 22 с. EDN: ZPQKIZ
3. Бухмиров В.В., Ракутина Д.В. Справочные материалы для решения задач по курсу «Тепломассобмен». – Иваново: ИГЭУ, 2017. – 120 с.
4. Мелехин А.А. Оптимизация параметров теплообменных аппаратов систем воздушного отопления: Автореф. дисс. … канд. техн. наук: 05.23.02. – Пермь: ПНИПУ, 2012. – 20 с. EDN: QFZWUB
5. Корочкина Е.Е., Кожевников С.О. К вопросу оптимизации теплообменников гидравлических приводов строительно-дорожных машин// Состояние и перспективы развития электро- и теплотехнологии (XX Бенардосовские чтения). – Том 2. – Иваново: ИГЭУ, 2019. – С. 272-275. EDN: FCURAJ
6. Корочкина Е.Е., Пахотина И.Н. Определение эффективности теплообмена в теплообменном аппарате гидропривода экскаватора при использовании регенерированного масла // Состояние и перспективы развития электро- и теплотехнологии (XXII Бенардосовские чтения). – Том 2. – Иваново: ИГЭУ, 2023. – С. 322-326.
7. Чуденкова Т.Н., Чуденкова В.Н. Химия и технология регенерации отработанного моторного масла // Вестник науки и образования. – 2020. – № 22-1(100). – С. 10-14. EDN: ZTAVNY

References (для сборника трудов молодых ученых может не оформляться)

1. Azimov, Sh. A., & Arslanov, Sh. S. (2020). Regeneraciya otrabotanny`x motorny`x masel betonitom Navbraxskogo mestorozhdeniya i optimizaciya ix ispol`zovaniya [Regeneration of used motor oils with betonite from the Navbrakh deposit and optimization of their use] // *Universum: texnicheskie nauki, 12(81)*. https://7universum.com/ru/tech/archive/item/11043

2. Al`moxammad, A. M. (2015). *Sovershenstvovanie sistem privodov gidroficirovanny`x mashin dlya e`kspluatacii v usloviyax vy`sokix temperatur* [*Improving drive systems of hydropowered machines for operation at high temperatures*] [Cand. dissertation (PhD), Bratsk State University]. Russian State Library. https://viewer.rsl.ru/ru/rsl01005562412.

3. Buxmirov, V. V., & Rakutina, D. V. (2017). *Spravochny`e materialy` dlya resheniya zadach po kursu "Teplomassobmen"* [*Reference materials for solving problems in the course "Heat and Mass Transfer"*]. Ivanovo State Power Engineering University.

4. Melexin, A. A. (2012). *Optimizaciya parametrov teploobmenny`x apparatov sistem vozdushnogo otopleniya* [*Optimization of parameters of heat exchangers of air heating systems*] [Cand. dissertation (PhD), Perm National Research Polytechnic University]. Russian State Library. https://viewer.rsl.ru/ru/rsl01005017327.

5. Korochkina, E.E., & Kozhevnikov, S.O. (2019). K voprosu optimizacii teploobmennikov gidravlicheskix privodov stroitel`no-dorozhny`x mashin [On the issue of optimization of heat exchangers of hydraulic drives of road construction machines]. In *Proc. of Sostoyanie i perspektivy` razvitiya e`lektro- i teplotexnologii (XX Benardosovskie chteniya)* (Vol. 2) (pp. 272-275). Ivanovo State Power Engineering University

6. Korochkina, E. E., Paxotina, I. N. (2023). Opredelenie e`ffektivnosti teploobmena v teploobmennom apparate gidroprivoda e`kskavatora pri ispol`zovanii regenerirovannogo masla [Determination of the efficiency of heat exchange in the heat exchanger of an excavator hydraulic drive when using regenerated oil]. In *Proc. of Sostoyanie i perspektivy` razvitiya e`lektro- i teplotexnologii (XXII Benardosovskie chteniya)*. (Vol. 2) (pp. 322-326). Ivanovo State Power Engineering University

7. Chudenkova, T. N., & Chudenkova, V. N. (2020). Ximiya i texnologiya regeneracii otrabotannogo motornogo masla [Chemistry and technology of regeneration of used motor oil]. *Vestnik nauki i obrazovaniya, 22-1(100)*, 10-14.

Сведения об авторах

Корочкина Елена Евгеньевна, канд. техн. наук, доцент, кафедра Теоретических основ теплотехники, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина», г. Иваново, e-mail: fmkee@yandex.ru

Пахотина Ирина Николаевна, канд. техн. наук, доцент, кафедра мехатроники и радиоэлектроники, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ивановский государственный политехнический университет», г. Иваново, e-mail: 89106973496@mail.ru

Authors about

Elena Korochkina, Cand. of Tech. Sciences, PhD, ISPU, Ivanovo.
Irina Pahotina, Cand. of Tech. Sciences, PhD, IVGPU, Ivanovo.