

УДК 621.8

DOI 10.48612/ntp/6d7g-rx46-t2xh

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ МАГНИТНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ УСТРОЙСТВА, ПРИМЕНЯЕМОГО ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ И РЕМОНТЕ ПОЖАРНОЙ ТЕХНИКИ

И. А. ЛЕГКОВА, М. Д. ЛАШКИН, А. В. ТОПОРОВ

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново

E-mail: legkovai@mail.ru, matvejlashin@mail.ru, ironaxe@mail.ru

Материал статьи посвящен решению актуального вопроса повышения эффективности и безопасности проведения ремонтных работ пожарных автомобилей за счет применения специального оборудования. Для демонтажа деталей, требующих замены, используют различные съемники, которые не только облегчают работу, но и позволяют избежать повреждения деталей и предотвратить риск повторного ремонта. Проведенный анализ позволил сделать вывод, что для демонтажа деталей при ремонте пожарных автомобилей оптимальным вариантом будет использование винтового механического съемника. Для устранения проблемы соскальзывания захватов съемника при установке его на снимаемую деталь было предложено вмонтировать в лапки захватов неодимовые магниты, которые позволят удерживать устройство на снимаемой детали в процессе установки, снижая тем самым риск повреждения деталей и повышая безопасность проведения работ. В статье приведены результаты исследования параметров магнитных элементов, монтируемых в устройство. Методом конечных элементов были выполнены расчеты магнитных полей, представлена картина магнитного поля и положение линий магнитного потока, получен график распределения магнитной индукции в рабочем зазоре. Определена величина силы притяжения детали магнитом, позволяющая надежно удерживать деталь лапками захвата во время установки съемника при проведении ремонтных работ.

Ключевые слова: пожарный автомобиль, механический съемник, ремонт автомобилей, расчет магнитного поля, метод конечных элементов, магнитная индукция.

DETERMINING THE PARAMETERS OF MAGNETIC ELEMENTS OF A DEVICE USED IN THE OPERATION AND REPAIR OF FIRE-FIGHTING EQUIPMENT

I. A. LEGKOVA, M. D. LASHKIN, A. V. TOPOROV

Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation
for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters,

Russian Federation, Ivanovo

E-mail: legkovai@mail.ru, matvejlashin@mail.ru, ironaxe@mail.ru

The material of the article This article addresses the pressing issue of improving the efficiency and safety of fire engine repairs through the use of specialized equipment. Various pullers are used to remove parts requiring replacement. These tools not only facilitate the work but also help prevent damage and eliminate the risk of repeated repairs. The analysis concluded that a screw-type mechanical puller is the optimal option for removing parts during fire engine repairs. To eliminate the problem of puller jaws slipping when installed on the part being removed, it was proposed to incorporate neodymium magnets into the jaws. These magnets allow the device to be held on the part being removed during installation, thereby reducing the risk of damage to the parts and improving work safety. The article presents the results of a study of the parameters of magnetic elements installed in the device. Using the finite element method, magnetic field calculations were performed, a magnetic field pattern and the position of magnetic flux lines were presented, and a graph of the magnetic induction distribution in the working gap was obtained. The magnitude of the force of attraction of the part by the magnet has been determined, which allows the part to be securely held by the gripper paws during the installation of the puller during repair work.

Keywords: fire truck, mechanical puller, car repair, magnetic field calculation, finite element method, magnetic induction.

Для поддержания работоспособности пожарных автомобилей требуется регулярное проведение работ по техническому обслуживанию или своевременных ремонтных работ в случае выхода из строя узла агрегата или детали [1]. В подразделениях пожарной охраны эксплуатируются тысячи единиц техники, значительная часть которой имеет высокий уровень износа и требует качественного технического обслуживания и ремонта [2, 3]. Стоит отметить, что обслуживание пожарных автомобилей имеет важную особенность: стоящие на вооружении в пожарно-спасательных частях автомобили необходимо обслуживать с учетом минимизации времени вывода автомобиля из боевого расчета. Обеспечение постоянной готовности мобильных средств пожаротушения является важной задачей, так как неисправность пожарного автомобиля или отказ любого из его узлов ставит под угрозу оперативность реагирования и успешность тушения пожаров.

Качество проведения ремонтных работ и эффективность мероприятий по техническому обслуживанию зависят от уровня подготовки персонала, грамотной организации ремонтной зоны и возможности использования специального оборудования [3, 4]. Наличие специального оборудования играет немаловажную роль, например, для демонтажа деталей прессового соединения (подшипников, шестерен, различных втулок и т.п.), требующих замены, используют различные съемники. Зачастую съемник не просто облегчает работу, он позволяет избежать повреждения деталей, сэкономить время и предотвратить риск повторного ремонта.

В настоящее время существует множество съемников, которые различаются по конструкции, назначению и принципу работы. В каждом конкретном случае следует использовать устройства, обеспечивающие наиболее эффективное проведение ремонтных работ [5].

Анализ существующих конструкций съемников позволил сделать вывод, что для демонтажа деталей при ремонте пожарных автомобилей оптимальным вариантом будет использование винтового механического съемника с тремя захватами (рис. 1) [5, 6].

К достоинствам этого вида съемников можно отнести простоту конструкции и эксплуатации. Механические съемники имеют несложное устройство (захваты, перекладина и силовой винт), поэтому их легко использовать даже без специальной подготовки. Эти съемники обычно легче и компактнее гидравлических аналогов, их удобно хранить и перевозить. Они не требуют подключения к источникам энергии (электричество, гидравлика), что позволяет применять их в любых условиях, в том числе в полевых. И по сравнению с гидравлическими

аналогами механические модели значительно дешевле.

Перекладина, к которой крепятся захваты перемещаясь по винту, обеспечивает демонтаж деталей различных габаритов. А благодаря двухстороннему профилю, захваты позволяют снимать как наружные, так и внутренние детали. При этом сами захваты могут быть различных размеров, некоторые модели комплектуются удлиненными захватами для работы в труднодоступных местах, что в свою очередь делает винтовой механический съемник универсальным и удобным в эксплуатации.

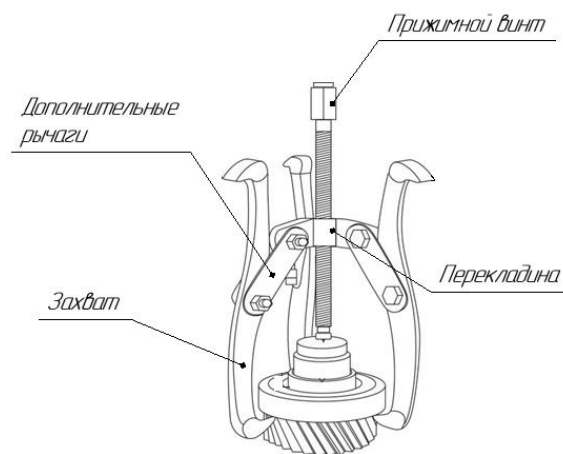


Рис. 1. Винтовой механический съемник

Перечисленные выше достоинства делают данный винтовой съемник оптимальным вариантом для использования при ремонте пожарных автомобилей среднего класса. Он может использоваться как непосредственно в пожарно-спасательных частях в условиях стационарных ремонтных мастерских, так и на выездных постах технического обслуживания.

Однако при неправильной установке съемника или соскальзывании захватов возникает риск повреждения деталей. При работе с данным съемником необходима точная центровка винта, он должен точно упираться в ось вала, иначе возникает перекосяк. При этом при установке устройства на снимаемую деталь требуются дополнительное внимание и затраты времени для равномерного распределения и фиксации зацепов съемника за деталь, так как до момента создания осевого усилия они свободно перемещаются на осях.

Для решения данной проблемы было предложено модернизировать съемник, вмонтировав в лапки захватов неодимовые магниты, это позволит удерживать его на снимаемой детали в процессе установки, создавая первоначальное устойчивое положение съемника до

момента создания осевого усилия, снижая тем самым вероятность его соскальзывания и повышая безопасность проведения работ [7]. Предлагаемое решение отличается тем, что не усложняет конструкцию, не увеличивает габариты и вес съемника, не ограничивает рабочий диапазон, не требует дополнительного обслуживания и настройки. Установить магниты можно в большинстве съемников различной конструкции, не усложняя их и не снижая рабочих характеристик.

Для установки магнитов выбрано место в захватах съемника выше зацепов (рис. 2). Место установки магнитов выбрано с учетом сохранения геометрических размеров захватов и с учетом сохранения их прочностных характеристик. При монтаже магнита на указанное место в момент установки съемника захваты примагничиваются к снимаемой детали.

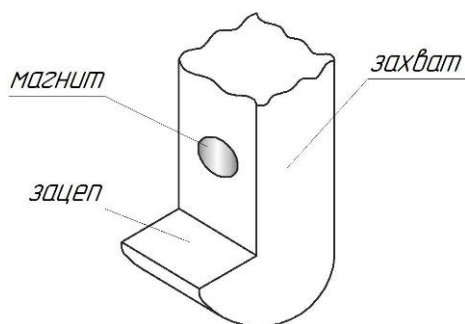


Рис. 2. Место установки магнита

Данная работа посвящена определению параметров магнитных элементов, вмонтируемых в устройство. Для расчета магнитных систем существует несколько методов, среди которых наиболее распространенными являются метод вероятных путей магнитного потока, метод конечных разностей и метод конечных элементов (МКЭ). Метод конечных элементов позволяет более корректно описать расчетную область, тем самым минимизируя погрешность вычислений, именно поэтому применение МКЭ¹ при исследовании магнитных полей является наиболее целесообразным [8, 9].

Расчеты магнитной системы были выполнены в программе FEMM (Finite Element Method Magnetism, Version 4.01), которая позволяет проводить расчет методом конечных элементов, строить картины распределения магнитных полей². Основными результатами расчета магнитного поля являются распределение магнитной индукции и картина магнитного поля, которые позволяют провести оценку магнитной системы.

Результаты проведенных расчетов представлены на рис. 3–5. На рис. 3 представлена расчетная область после триангуляции, моделирующая магнитную систему съемника. С использованием данной модели был проведен расчет магнитного поля. Картина магнитного поля в рабочем зазоре и положение линий магнитного потока представлены на рис. 4. Как видим из рисунка, магнитные силовые линии концентрируются в рабочей области, потоки выпучивания практически отсутствуют, что говорит о рациональном выборе магнитной системы.

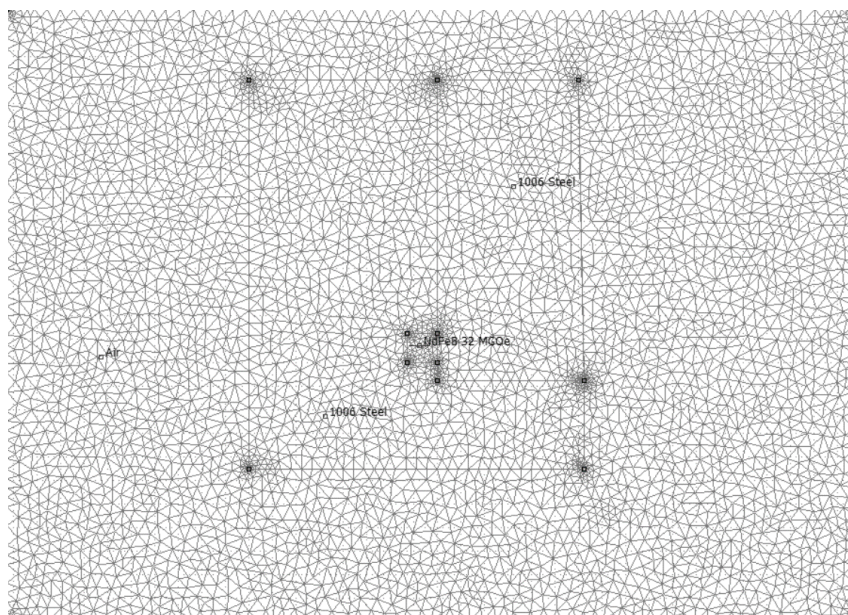


Рис. 3. Полигональная сетка

¹ Метод конечных элементов (МКЭ): суть и применение в инженерии. https://znanierussia.ru/articles/Метод_конечных_элементов.

² <https://www.femm.info>.

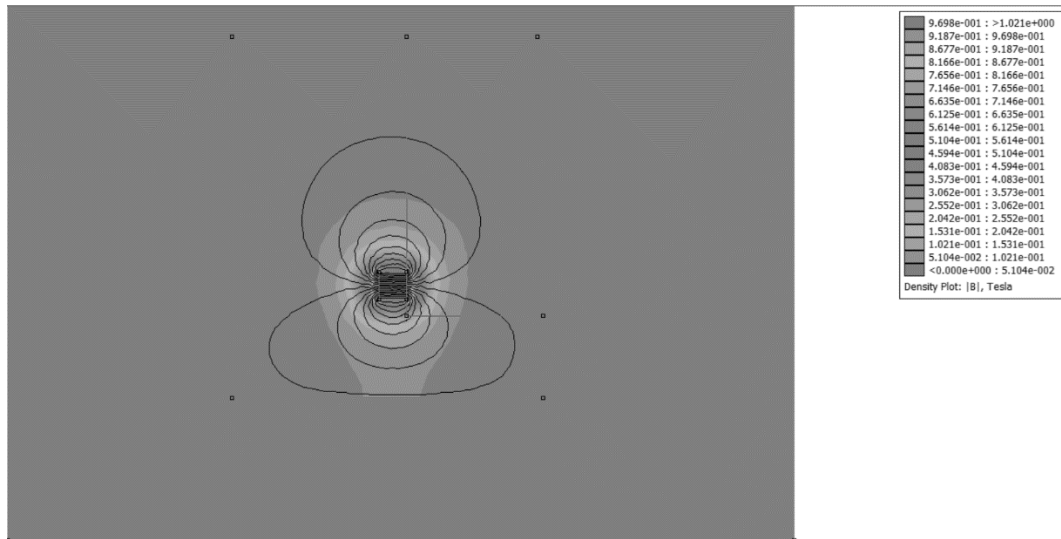


Рис. 4. Распределение магнитных потоков

Значимой характеристикой для данного устройства является сила притяжения удерживаемой детали к магниту. Чтобы ее определить необходимо знать величину магнитной индукции в рабочем зазоре съемника. Кривая распределения магнитной индукции представлена на рисунке 5. Как видим из кривой, в области размещения постоянного магнита величина индукции составляет порядка 1,2 Тл. Безусловно, данная модель имеет ряд допущений, например, демонтируемая при помощи съемника деталь может не плотно примыкать к магниту, что повлечет увеличение рабочего зазора и

некоторое снижение магнитной индукции в нем. Также не учитываются зазоры между магнитом и корпусом съемника, неизбежно возникающие при его монтаже. Кроме того, грань магнита, обращенная в рабочий зазор – плоская, а снимаемые детали имеют цилиндрическую форму, что также повлечет появление дополнительных зазоров. Тем не менее, несмотря на указанные допущения, для качественной оценки величины силы притяжения детали магнитом в расчетах возможно принять полученную величину магнитной индукции равную 1,2 Тл.

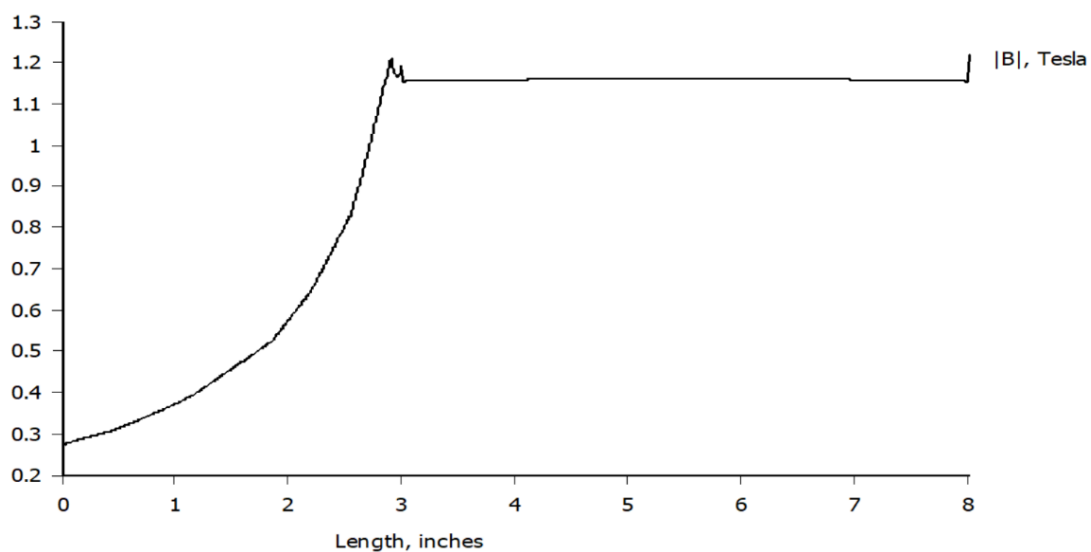


Рис. 5. График распределения магнитной индукции в рабочем зазоре

Определим величину силы притяжения детали магнитом, установленным в захвате съемника:

$$F = \frac{B^2 \cdot S}{2\mu_0},$$

где B – магнитная индукция, Тл;

S – площадь контакта, м²;

μ_0 – магнитная постоянная, $\mu_0 = 1,257 \cdot 10^{-6}$ Н/А².

На основе проведенного анализа неодимовых магнитов и учитывая относительно небольшие габариты поперечного сечения захвата был выбран магнит в форме диска диаметром 5 мм, при этом площадь контакта:

$$S = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot (5 \cdot 10^{-3})^2}{4} = 1,9635 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2.$$

Список литературы

1. Жмацкий П. А. Диагностика и быстрый ремонт неисправностей автомобиля. Юрайт, 2013. 206 с.

2. Легкова И. А., Зарубин В. П. К вопросу повышения эффективности проведения технического обслуживания пожарных автомобилей / Надежность и долговечность машин и механизмов: сборник материалов XIV Всероссийской научно-практической конференции. Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2023. С. 107–112.

3. Повышение эффективности эксплуатации пожарной техники за счет создания необходимых условий для ее ремонта и технического обслуживания / И. А. Легкова, В. П. Зарубин, В. Е. Иванов [и др.] // Современные проблемы гражданской защиты. 2024. № 2(51). С. 47–55.

4. Соболева В. С., Легкова И. А., Зарубин В. П. Разработка конструкции специального приспособления для обслуживания и ремонта пожарных автомобилей // Пожарная и аварийная безопасность: сборник материалов XVIII Международной научно-практической конференции. Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2023. С. 519–525.

5. Покровский А. А., Зарубин В. П., Пучков П. В. Разработка конструкции устройства для проведения технического обслуживания шасси пожарных автомобилей среднего класса // Современные проблемы гражданской защиты. 2021. № 4 (41). С. 103–110.

6. Зайцев А. В., Легкова И. А. Предложения по выбору специального оборудования для

По результатам расчетов величина магнитной индукции в рабочем зазоре составила порядка 1,2 Тл (рис. 5). Тогда сила притяжения магнита:

$$F = \frac{1,2^2 \cdot 1,9635 \cdot 10^{-5}}{2 \cdot 1,257 \cdot 10^{-6}} = 11,247 \text{ Н}.$$

Такая величина магнитной силы позволит надежно удерживать деталь лапками захвата во время установки съемника, повышая удобство обращения с инструментом, и как следствие качество ремонта пожарных автомобилей и безопасность проведения ремонтных работ.

ремонта пожарных автомобилей // Надежность и долговечность машин и механизмов: сборник материалов XVII Всероссийской научно-практической конференции. Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2026. С. 127–131.

7. Легкова И. А., Зарубин В. П., Лашкин М. Д. Предложения по модернизации механического съемника // Надежность и долговечность машин и механизмов: сборник материалов XVI Всероссийской научно-практической конференции. Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2025. С. 252–255.

8. Нарбеков Н. Н., Парманов Н. Н. Исследование современных методов расчета методом конечных элементов статически определенных элементов // Экономика и социум. 2024. № 2-1(117). С. 1227–1230.

9. Покровский А. А., Пучков П. В., Легкова И. А. Использование расчета магнитных полей методом конечных элементов при создании конструкций комбинированных магнитоэлектронных уплотнений // Интернет-журнал «Наукосведение». 2016. Том 8, № 5 (36). С. 92. <http://naukovedenie.ru/PDF/41TVN516.pdf>.

References

1. Zhmatskiy P. A. Diagnostika i bystryy remont neispravnostey avtomobilya [Diagnostics and quick repair of vehicle faults]. Yurayt, 2013. 206 p.

2. Legkova I. A., Zarubin V. P. K voprosu povysheniya effektivnosti provedeniya tekhnicheskogo obsluzhivaniya pozharnykh avtomobiley [On the issue of increasing the efficiency of

technical maintenance of fire trucks]. *Nadezhnost' i dolgovechnost' mashin i mekhanizmov: sbornik materialov XIV Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. Ivanovo: Ivanovskaya pozharno-spasatel'naya akademiya GPS MCHS Rossii, 2023, pp. 107–112.

3. Povysheniye effektivnosti ekspluatatsii pozharnoy tekhniki za schet sozdaniya neobkhodimyykh usloviy dlya yeye remonta i tekhnicheskogo obsluzhivaniya [Improving the efficiency of fire-fighting equipment operation by creating the necessary conditions for its repair and maintenance] / I. A. Legkova, V. P. Zarubin, V. E. Ivanov [et al.]. *Sovremennyye problemy grazhdanskoy zashchity*, 2024, vol. 2 (51), pp. 47–55.

4. Soboleva V. S., Legkova I. A., Zarubin V. P. Razrabotka konstruksii spetsial'nogo prispособleniya dlya obsluzhivaniya i remonta pozharnykh avtomobiley [Development of the design of a special device for the maintenance and repair of fire trucks]. *Pozharnaya i avariynaya bezopasnost': sbornik materialov XVIII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. Ivanovo: Ivanovskaya pozharno-spasatel'naya akademiya GPS MCHS Rossii, 2023, pp. 519–525.

5. Pokrovskiy A. A., Zarubin V. P., Puchkov P. V. Razrabotka konstruksii ustroystva dlya provedeniya tekhnicheskogo obsluzhivaniya shassi pozharnykh avtomobiley srednego klassa [Development of a design of a device for carrying out technical maintenance of the chassis of middle-class fire trucks]. *Sovremennyye problemy grazhdanskoy zashchity*, 2021, vol. 4 (41), pp. 103–110.

6. Zaytsev A. V., Legkova I. A.

Predlozheniya po vyboru spetsial'nogo oborudovaniya dlya remonta pozharnykh avtomobiley [Proposals for the selection of special equipment for the repair of fire trucks]. *Nadezhnost' i dolgovechnost' mashin i mekhanizmov: sbornik materialov XVII Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. Ivanovo: Ivanovskaya pozharno-spasatel'naya akademiya GPS MCHS Rossii, 2026, pp. 127–131.

7. Legkova I. A., Zarubin V. P., Lashkin M. D. Predlozheniya po modernizatsii mekhanicheskogo s>yemnika [Proposals for the modernization of a mechanical puller]. *Nadezhnost' i dolgovechnost' mashin i mekhanizmov: sbornik materialov XVI Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. Ivanovo: Ivanovskaya pozharno-spasatel'naya akademiya GPS MCHS Rossii, 2025, pp. 252–255.

8. Narbekov N. N., Parmanov N. N. Issledovaniye sovremennykh metodov rascheta metodom konechnykh elementov staticheski opredelimykh elementov [Study of modern methods of calculation of statically determinate elements by the finite element method]. *Ekonomika i sotsium*, 2024, vol. 2-1(117), pp. 1227–1230.

9. Pokrovskiy A. A., Puchkov P. V., Legkova I. A. Ispol'zovaniye rascheta magnitnykh poley metodom konechnykh elementov pri sozdaniy konstruksiy kombinirovannykh magnitno-zhidkostnykh uplotneniy [Using the calculation of magnetic fields by the finite element method in creating designs of combined magnetic fluid seals]. *Internet-zhurnal «Naukovedeniye»*, 2016, vol. 8, issue 5 (36), p. 92. <http://naukovedenie.ru/PDF/41TVN516.pdf>.

Легкова Ирина Анатольевна

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
кандидат технических наук, доцент, доцент
E-mail: legkovai@mail.ru

Legkova Irina Anatolievna

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,
Russian Federation, Ivanovo
candidate of technical sciences, assistant professor, assistant professor
E-mail: legkovai@mail.ru

Лашкин Матвей Денисович

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
курсант
E-mail: matvejlashin@mail.ru

Lashkin Matvey Denisovich

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,
Russian Federation, Ivanovo

Cadet

E-mail: matvejlashin@mail.ru

Топоров Алексей Валериевич

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново

кандидат технических наук, доцент, доцент

E-mail: ironaxe@mail.ru

Toporov Alexey Valerievich

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,
Russian Federation, Ivanovo

candidate of technical sciences, assistant professor, assistant professor

E-mail: ironaxe@mail.ru