

UDC 37.013

## Zabolotsky S.Y., Tolstykh G.V. Improving the efficiency of operation of hydraulic emergency rescue tools in low-temperature conditions

Повышение эффективности эксплуатации гидравлического аварийно-спасательного инструмента при низкотемпературных условиях

**Zabolotsky Semen Yakovlevich,**

student, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education  
"North-Eastern Federal University",  
Yakutsk

**Tolstykh Gennady Vladimirovich,**

Doctor of Historical Sciences,  
Head of the Department of Social and Labor Sphere Research  
State Budgetary Institution "Arctic Research Center  
of the Republic of Sakha (Yakutia)"  
Yakutsk

Заболоцкий Семен Яковлевич,  
студент, ФГБОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет»,  
г. Якутск

Толстых Геннадий Владимирович,  
доктор исторических наук,  
Руководитель отдела исследования социально-трудовой сферы  
ГБУ «Арктический научно-исследовательский центр РС(Я)»  
г. Якутск

**Abstract.** *The article develops a technical solution that ensures the efficient operation of a hydraulic emergency rescue tool at low ambient temperatures. Full-scale experiments were conducted to confirm the applicability of the developed technical solutions.*

**Keywords:** *hydraulic emergency rescue tool, low temperatures, efficiency, working fluid.*

**Аннотация.** *В статье разработана техническое решение, обеспечивающее эффективную эксплуатацию гидравлического аварийно-спасательного инструмента при низких температурах окружающей среды. Проведены натурные эксперименты, подтверждающие применимость разработанных технических решений.*

**Ключевые слова:** *гидравлический аварийно-спасательный инструмент, низкие температуры, эффективность, рабочая жидкость.*

---

**Рецензент:** Мартеха Александр Николаевич – кандидат технических наук, доцент.  
Доцент ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева»

## **Введение**

Чрезвычайные ситуации техногенного характера и стихийные бедствия происходят ежедневно и сопровождаются разрушениями, а также человеческими жертвами. Раньше при проведении работ по спасению людей, спасателям приходилось работать непосредственно руками или пользоваться теми средствами, которые оказывались под рукой: ломом, киркой, лопатой и т.п. В такой ситуации работы по спасению пострадавших затягивались на долгие часы, а иногда и сутки. Это приводило к тому, что спасти живыми удавалось не многих. [10]

В нашем современном мире невозможно представить работу пожарно-спасательных подразделений по деблокированию пострадавших при выполнении аварийно-спасательных работ в условиях чрезвычайных ситуаций без применения гидравлического аварийно-спасательного инструмента (ГАСИ). ГАСИ предназначен для выполнения комплекса работ, связанных с перекусыванием арматуры, подъема и перемещения элементов завала, строительных и других конструкций, расширения проемов в завалах с целью высвобождения зацементированных людей на пожарах или в результате аварий, дорожно-транспортных происшествий и других стихийных бедствий, а также для вскрытия металлических дверей. [8]

Кроме того, как показывает практика при эксплуатации в условиях низких температур окружающей среды, имеются недостатки, такие как: замерзание рабочей жидкости, шланга высокого давления, образование микротрещин, появления свищей в местах соединения со штуцером. Более того, техническая документация рекомендует эксплуатировать ГАСИ до минус 40 °С, а на северных регионах нашей страны температура окружающего воздуха может опуститься до минус 70 °С. Данные факты могут привести к невыполнению поставленных боевых задач.

## **Результаты и обсуждение**

### *Разработка технического решения*

Задачей технического решения является обеспечение усиленного самоподогрева рабочей жидкости, находящегося в насосной станции, ГАСИ теплотой, выделяющейся при работе 4х тактного двигателя в условиях низких температур. [13]

Для решения этой задачи самоподогрев рабочей жидкости производят посредством высокоэффективной теплоизоляции насосной станции ГАСИ (рис.1) для максимального сохранения выделяющейся теплоты и обеспечивающей значительное уменьшение их теплоотдачи зимой, что обуславливает повышение уровня производительности, экономичности и долговечности. [2]

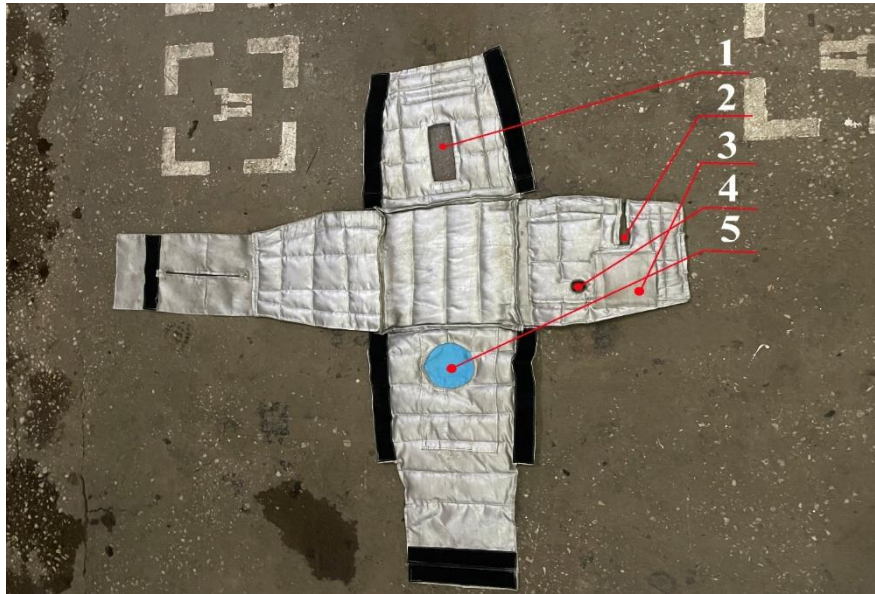


Рис.1. - Теплоизолирующий чехол

Схема теплоизолирующего чехла:

- 1 – контрольное окно уровня рабочей жидкости, выполненного из ПЭТ пленки
- 2 - отверстие для пропуска гидравлического рукава
- 3 – карман для внешнего портативного аккумулятора
- 4 – отверстие выпуска отработанных газов ДВС
- 5 - отверстие для пропускания воздуха, выполненного из х/б материала

Кроме того, подогрев рабочей жидкости в гидравлических рукавах высокого давления производит морозостойкий саморегулируемый греющий кабель, установленный на всю длину. Электропитание греющего кабеля производится от внешнего портативного аккумулятора с емкостью обеспечивающего среднее время проведения аварийно-спасательных и других неотложных работ (АСДНР) на данном гарнизоне с напряжением 12 В. [5]

Основные свойства и технические характеристики греющего кабеля приведены в таблице 1.

Таблица 1

Технические характеристики морозостойкого саморегулируемого греющего кабеля

Напряжение	220 В	12В
Тип	Зонально-резистивный	Двужильный саморегулирующийся
Греющий элемент	Константановая проволока	Константановая проволока
Наружная оболочка	Силикон	Силикон
Удельная мощность	10 Вт/м	17 Вт/м
Максимальная рабочая температура	45 °С	65 °С
Максимальная допустимая температура	80 °С	85 °С
Размер (ширина x толщина)	6 x 9 мм	5 x 10 мм
Температура эксплуатации	от -60 °С до +280 °С	от -60 °С до +280 °С
Степень защиты	IP57	IP68

Гидравлический рукав высокого давления и греющий кабель покрываются теплоизолирующим слоем толщиной 3 мм. (рис. 2).



Рис.2. – Теплоизолирующий слой

Технические характеристики теплоизолирующего слоя приведены в таблице 2.

Таблица 2

Технические характеристики теплоизолирующего слоя.

Параметры	Значения
Отражающий эффект излучающей энергии	До 97%
Температура применения	От -60 °С до +100 °С
Сопротивление теплопередаче (R)	1,2 м <sup>2</sup> °С/Вт
Водопоглощение по объему	0,6-3,5 %
Удельная теплоёмкость	1,95-2 кДж/кг °С
Массовое отношение влаги в материале	2 %
Динамический модуль упругости	0,26-0,77 Мпа
Относительное сжатие	0,09-0,2
Коэффициент теплопроводности	0,037-0,038 (Вт/м °С)
Предел прочности сжатия	0,035 МПА
Удельный вес	4410 кг/м <sup>3</sup>
Коэффициент теплоусвоения (при периоде 24 часа)	0,44-0,48 (Вт/м °С)

Сущность технического решения. Перед началом осенне-зимнего периода эксплуатации в ходе сезонного технического обслуживания, на насосную станцию надевают съемный теплоизолирующий чехол, и на всю длину гидравлический рукава устанавливают гибкий греющий кабель. Причем теплоизолирующее покрытие трехслойное. [14]

Теплоизолирующий чехол полностью покрывает практически все наружные поверхности ГАСИ кроме, контрольного окна уровня рабочей жидкости, выполненного из ПЭТ пленки, отверстие для пропускания воздуха для работы 4х тактного двигателя внутреннего сгорания (ДВС) насосной станции, выполненного из х/б материала, отверстия выпуска отработанных газов ДВС и отверстия для пропуска гидравлического рукава.

Весной, при установлении адекватных температур окружающей среды теплоизолирующий чехол и теплоизоляция рукава высокого давления с греющим гибким кабелем полностью легко снимается. Таким образом, гидравлический аварийно-спасательный инструмент готов работать в штатном режиме. [4]

Результатом предложенного технического решения является сокращение потерь, выделившейся при работе ДВС насосной станции ГАСИ теплоты в окружающую среду путем эффективной теплоизоляции с применением дополнительного источника теплоты для прогрева рабочей жидкости находящегося в гидравлическом рукаве высокого давления в условиях низких температур.

При использовании эффективного теплоизолирующего покрытия уменьшаются износы, увеличивается КПД и долговечность данных узлов зимой, т.к. указанные показатели во многом зависят от температуры рабочей жидкости в них.

Таким образом, следует ожидать повышение надежности и эффективности ГАСИ в условиях низких температур окружающего воздуха, увеличение производительности, экономичности, долговечности и расширения температурного диапазона эксплуатации зимой. [11]

### **Методика проведения эксперимента**

Натурный эксперимент проводился на базе 2 пожарно-спасательной части, 5 ПСО ФПС ГПС ГУ МЧС России по Республике Саха (Якутия).

Настоящая методика проведения эксперимента была утверждена начальником управления организации пожаротушения и проведения аварийно-спасательных работ ГУ МЧС по Республике Саха (Якутия) подполковником внутренней службы М.В. Денисовым и начальником подразделения подполковником внутренней службы В.И. Мироненко. [9]

Задачей экспериментальных исследований является установление закономерностей взаимосвязей изучаемых явлений и проверке высказанных теоретических предположений.

Для решения поставленных научных задач методикой проведения экспериментов предусматривались сравнительные испытания ГАСИ при низкотемпературных условиях.

На данном ГАСИ измерялась температура рабочей жидкости в типовом исполнении при работающей насосной станции с включенным рабочим инструментом в виде кусачек. Для обеспечения циркуляции рабочей жидкости на период экспериментов кусачки работали в штатном режиме. Продолжительность эксперимента составлял 20 минут. Затем измерялась температура на том же ГАСИ с применением предложенных технических решений. [7]

Кроме того, измерялась температура рабочей жидкости ГАСИ при неработающей насосной станции до достижения температуры окружающей среды.

Для этого в заливную пробку рабочей жидкости был вмонтирован температурный датчик. Технические характеристики датчика приведены в таблице 3.

Таблица 3

Основные технические характеристики термопреобразователя сопротивления  
ДТС014-50М.В3.20/3

Наименование	Значение
Тип	ДТСХХ4
Диапазон измеряемых температур, 0С	-50...+150
Класс допуска	В
Показатель тепловой инерции, с, не более	10
Минимальная глубина погружения, мм.	80
Группа климатического исполнения	С4; Р2

Схема установки температурного датчика в бак рабочей жидкости насосной станции ГАСИ приведен на рисунке 3. Результаты измерения величины температуры рабочей жидкости регистрировались и протоколировались с шагом 30 секунд.

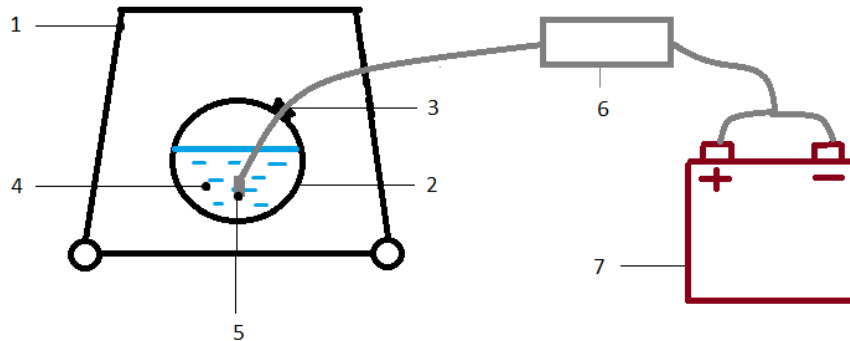


Рис.3. – Схема установки температурного датчика в бак рабочей жидкости насосной станции ГАСИ

Схема установки температурного датчика в бак рабочей жидкости насосной станции ГАСИ: [12]

1 - Насосная станция; 2 - Бак рабочей жидкости; 3 - Заливная пробка рабочей жидкости;

4 - Рабочая жидкость; 5-Температурный датчик; 6 - Показывающий прибор ТРМ-501;

7 - Аккумуляторная батарея 12В.

В качестве показывающего прибора в экспериментах использовался реле-регулятор с таймером марки ТРМ501, который был запитан постоянным током напряжением 12В от аккумуляторной батареи. Технические характеристики данного прибора приведены в таблице 4.

Таблица 4

Основные технические характеристики показывающего прибора ТРМ501

Параметр	Значение
Питание	
Напряжение питания	12 В (постоянного или переменного тока)
Допустимое отклонение напряжения питания	-10...+10 %
Потребляемая мощность, не более	3ВА
Входы	
Время опроса входных каналов, не более	1 сек
Предел допустимой основной приведенной погрешности изменения входной величины (без учета погрешности датчика)	±0,5 %
Напряжение низкого (активного) уровня на управляющем входе («ПУСК/СТОП»)	0...0,8 В
Напряжение высокого уровня на управляющем входе («ПУСК/СТОП»)	2,4...30 В
Выходное сопротивление устройства внешнего управления таймером	Не более 1кОм

Обработка результатов эксперимента

На рисунке 4 приведен график остывания температуры рабочей жидкости при не работающей насосной станции ГАСИ. Температура окружающего воздуха составляла минус 40 °С. [6]

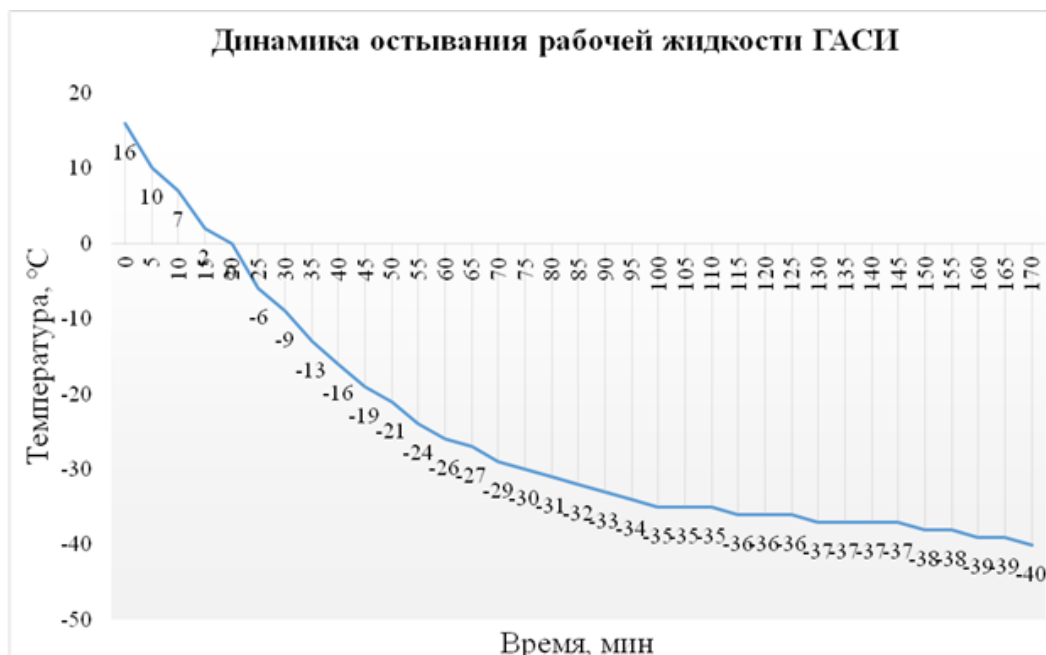


Рис.4. – Динамика остывания рабочей жидкости ГАСИ



Из графика видно, что температура рабочей жидкости находящийся в баке при неработающей насосной станции ГАСИ падает весьма интенсивно. За 170 минут температура опустилась с отметки плюс 16 °С до -40 °С. [3]

На рисунке 5 изображены кривые остывания и прогрева рабочей жидкости при работающей насосной станции ГАСИ. Температура окружающего воздуха при экспериментах составляла минус 30 °С.

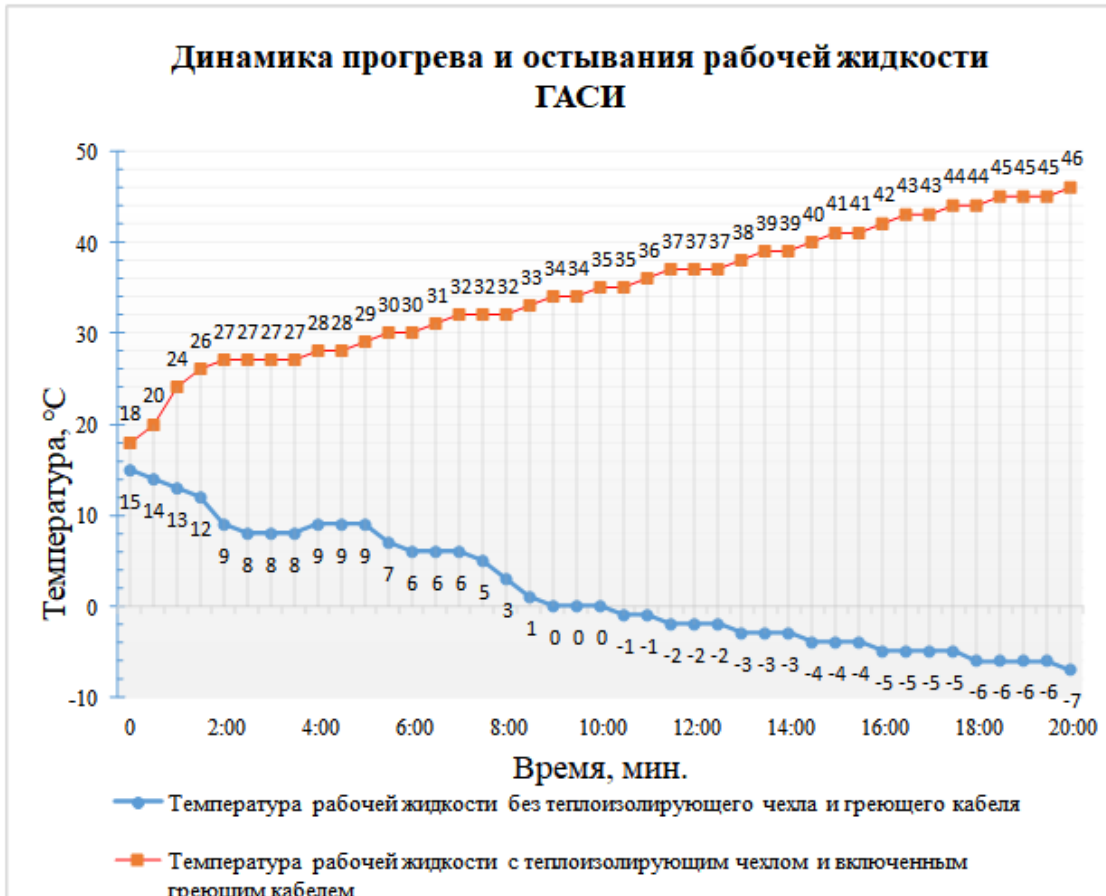


Рис.5. – Динамика прогрева и остывания рабочей жидкости ГАСИ

Из графика видно, что температура рабочей жидкости не оборудованного теплоизоляцией упала с +15°С до -7°С к концу 20 мин. от начала эксперимента. Для сравнения: температура масла в теплоизолированном ГАСИ с включенным греющим кабелем на рукаве высокого давления возросла с 18 до 46°С за 20 мин.

Так, предложенные технические решения по подогреву рукава высокого давления греющим кабелем и теплоизоляция насосной станции ГАСИ обеспечили аккумуляцию теплоты рабочей жидкости, что гарантирует возможность эксплуатации ГАСИ при низких температурах. [1]

Таким образом, следует ожидать повышение надежности и эффективности ГАСИ в условиях низких температур окружающего воздуха, увеличение производительности, экономичности, долговечности и расширения температурного диапазона эксплуатации зимой.

### **Заключение**

Результаты проведенных исследований в виде сравнительных испытаний, моделирующих основные фазы эксплуатации ГАСИ состоящих в боевом расчете подразделений пожарной охраны, убедительно свидетельствуют об определенной эффективности подогрева морозостойким гибким греющим кабелем рукава высокого давления, а также теплоизоляции насосной станции ГАСИ съемным чехлом.

Действительно при использовании съёмного теплоизоляционного чехла насосной станции ГАСИ появляется возможность аккумуляции производимой теплоты при работе двигателя внутреннего сгорания насосной станции, которое можно направить на прогрев запаса рабочей жидкости.

Разработанное техническое решение, способствует повышению надёжности и эффективности ГАСИ в условиях низких температур окружающего воздуха, обеспечивается увеличение производительности, экономичности и долговечности.

Целесообразно продолжить эмпирические исследования по повышению адаптации ГАСИ для эксплуатации при низких температурах окружающей среды.

### **References**

1. Анализ и разработка аварийно-спасательного инструмента / М. А. Егоров, В. И. Ястребова, А. Л. Егоров, В. А. Костырченко // Инженерный вестник Дона. – 2022. – № 10(94). – С. 39-50.
2. Борисов, А. А. Современные виды аварийно-спасательного инструмента / А. А. Борисов // Студенческий форум. – 2022. – № 20-1(199). – С. 53-55.
3. Веттегрень В. И., Ложкин В. Н., Савин М. А. Эффективная эксплуатация основных пожарных автомобилей при низких температурах: монография (в 2 частях). Екатеринбург, 2019. 383 с.
4. Взаимосвязь эффективности аварийно-спасательной техники с условиями ее эксплуатации / Е. В. Мусияченко, А. Н. Минкин, Д. А. Едимичев [и др.] // Кризисное управление и технологии. – 2022. – № 1(20). – С. 81-97.
5. Галимов, Д. И. Оценка эффективности гидравлического аварийно-спасательного инструмента, применяемого при ликвидации чрезвычайных ситуаций / Д. И. Галимов // Студенческий вестник. – 2022. – № 32-3(224). – С. 34-35.

6. Гребенкина, А. С. Расчет оптимальной стратегии эксплуатации аварийно-спасательного инструмента / А. С. Гребенкина // Вестник Академии гражданской защиты. – 2021. – № 1(25). – С. 169-175.
7. Губин, Е. Ю. Оценка сил и средств местного пожарно-спасательного гарнизона города Москвы при проведении аварийно-спасательных работ, связанных с тушением пожаров с использованием гидравлического аварийно-спасательного инструмента / Е. Ю. Губин // Научный электронный журнал Меридиан. – 2021. – № 7(60). – С. 23-25.
8. Журавлев, Р. В. Методы по обновлению гидравлического аварийно-спасательного инструмента в территориальном управлении № 13 ГКУ МО "Мособлпожспас" / Р. В. Журавлев // Инновации и инвестиции. – 2022. – № 12. – С. 156-160.
9. Особенности применения пневмогидравлического привода гидравлического аварийно-спасательного инструмента в летний и зимний периоды / В. В. Киселев, А. В. Топоров, В. П. Зарубин [и др.] // Техносферная безопасность. – 2020. – № 2(27). – С. 57-63.
10. Пожарная техника: Учебное пособие. СПб.: Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, 2015. – 67-89 с.
11. Фазлыев, И. Тенденции развития гидравлического аварийно-спасательного оборудования / И. Фазлыев // Гидравлика. – 2020. – № 9. – С. 43-47.
12. Файдрахманов, Р. Р. К вопросу о применении аварийно-спасательных гидравлических инструментов при чрезвычайных ситуациях / Р. Р. Файдрахманов, С. Г. Аксенов // E-Scio. – 2023. – № 3(78). – С. 413-418.
13. Чурута, Е. С. Анализ гидравлического инструмента в аварийно-спасательных службах / Е. С. Чурута // Научный Лидер. – 2023. – № 25(123). – С. 31-32.
14. Чурута, Е. С. Анализ гидравлического инструмента в аварийно-спасательных службах / Е. С. Чурута, В. И. Нестеров // Научный Лидер. – 2021. – № 15(17). – С. 120-122.