

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В МАШИНОСТРОЕНИИ

УДК 621

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ПНЕВМОГИДРАВЛИЧЕСКОГО ПРИВОДА
ГИДРАВЛИЧЕСКОГО АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНОГО ИНСТРУМЕНТА© 2024 г. В. В. Киселев^{1, *}, А. В. Топоров¹¹ Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, Иваново, Россия

* e-mail: slavakis76@mail.ru

Поступила в редакцию 06.06.2024 г.

После доработки 09.12.2024 г.

Принята к публикации 20.12.2024 г.

В статье рассмотрены существующие типы приводов гидравлического аварийно-спасательного инструмента, применяемого для проведения специальных работ на пожаре и при ликвидации последствий дорожно-транспортных происшествий. Выявлены основные недостатки существующих приводов. Предложена и описана новая конструкция привода, где в качестве источника энергии используется сжатый воздух из баллонов дыхательных аппаратов газодымозащитников. Представлена трехмерная модель сконструированного привода. Приведены основные технические параметры разработанной конструкции и результаты проведенных испытаний опытного образца.

Ключевые слова: пожарное оборудование, гидравлический аварийно-спасательный инструмент, сжатый воздух, баллон, конструкция, трехмерное моделирование, опытный образец, испытание

DOI: 10.31857/S0235711925020097, **EDN:** DGASOL

Гидравлический аварийно-спасательный инструмент (ГАСИ) является одним из основных видов пожарного оборудования, без которого часто становится невозможным успешное выполнение боевой задачи по тушению пожаров, спасению людей, проведения аварийно-спасательных работ [1]. ГАСИ применяют при волнении целого комплекса работ, связанного с перекусыванием арматуры, подъемом и перемещением разрушенных элементов строительных конструкций при образовании завалов для деблокирования защемленных людей, ликвидацией последствий дорожно-транспортных происшествий, вскрытием дверей в помещениях при пожарах и при выполнении многих других специальных работ [2].

В состав ГАСИ входят различные типы рабочего инструмента: расширители, кусачки, комбинированные ножницы и другие вспомогательные инструменты для выполнения специфических операций. Кроме самого инструмента ГАСИ комплектуются гидравлическими насосными станциями, предназначенными для перекачки рабочей гидравлической жидкости в сам инструмент, создания необходимого рабочего давления и приведения инструмента в работу.

Отечественной промышленностью производятся модели ГАСИ с приводом от двигателя внутреннего сгорания, с электрическим двигателем, с пневматическим приводом и ручным гидравлическим насосом. В МЧС России широкое распространение получил гидравлический инструмент марок «Спрут», «Медведь», «Простор», «Эконт». Все существующие типы приводов ГАСИ находят свое применение в пожарно-спасательных подразделениях, а привод с ручным насосом входит в штатную

комплектацию пожарных автомобилей. Следует отметить, что рассмотренные приводы ГАСИ наряду со всеми своими преимуществами не лишены некоторых недостатков.

К основным недостаткам ГАСИ с приводом от двигателя внутреннего сгорания можно отнести невысокий моторесурс, составляющий порядка 2000 ч, значительная трудоемкость при подготовке инструмента к боевой работе, сказывающаяся в увеличении затрачиваемого времени на тушение пожара или проведение аварийно-спасательных работ, пожароопасность и взрывоопасность данного типа привода и невозможность его применения в зоне высоких температур, а также сложности при запуске двигателя внутреннего сгорания при применении инструмента в условиях низких температур.

ГАСИ с электрическим приводом характеризуется ограниченным временем работы, зависящем от емкости аккумуляторной батареи, сложностью использования в условиях высокой влажности при тушении пожаров. Также применение данного типа привода является невозможным при ликвидации дорожно-транспортных происшествий и аварий, связанных с разливом или утечкой огнеопасных и взрывоопасных веществ. Перечисленные факторы существенно ограничивают область применения данного типа привода.

Ручные гидравлические насосы неприхотливы в работе и обслуживании, они компактные, легкие, быстро приводятся в рабочее состояние, но обладают крайне низкой производительностью, зависящей исключительно от физической подготовленности спасателя. При продолжительной работе и накоплении физической усталости человека, скорость выполнения рабочих операций значительно снижается.

Пневматический привод ГАСИ отличается высокой производительностью, пожаровзрывобезопасностью [3, 4]. Однако серийно выпускаемые приводы данного типа имеют большие габариты, не позволяющие разместить это оборудование в штатных отсеках пожарных автомобилей.

С целью повышения эффективности проведения аварийно-спасательных работ с использованием ГАСИ была разработана новая конструкция пневмогидравлического привода, в котором в качестве источника энергии будет использоваться воздух под давлением [5–7]. Отличительной особенностью разработанной конструкции является ранцевое исполнение, что позволяет проводить аварийно-спасательные работы одним пожарным, а также значительно сократить время, необходимое для доставки ГАСИ к месту его применения (рис. 1).



Рис. 1. Переноска гидравлического инструмента с пневмогидравлическим приводом ранцевого исполнения.

В качестве достоинств разработки можем отметить большую производительность по сравнению с ручным приводом, значительно меньшие трудозатраты на выполнение работ, пожаровзрывобезопасность. Трехмерная модель разработанной конструкции, выполненная с использованием технологий компьютерной графики [8], показана на рис. 2.

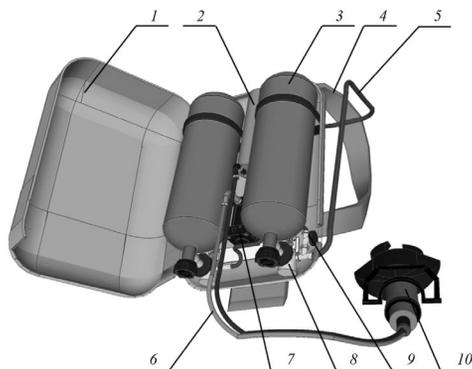


Рис. 2. Конструкция пневмогидравлического привода гидравлического инструмента: 1 — корпус; 2 — емкость для гидравлической жидкости; 3 — баллоны со сжатым воздухом; 4 — подвесная система; 5 — магистрали низкого давления; 6 — магистрали высокого давления; 7 — пневмогидронасос; 8 — редуктор для баллона; 9 — вентиль; 10 — гидравлический инструмент.

В корпусе 1, изготовленном из полимерного материала, компактно размещены все комплектующие привода. Два типовых баллона со сжатым воздухом 3 от дыхательных аппаратов спасателей соединены через редукторы 8 с пневмогидронасосом 7. Воздух может поступать в пневмогидронасос сразу из двух баллонов за счет установленного тройника. Баллоны оснащены редукторами давления. Они создают возможность понизить давление сжатого воздуха в баллоне (~30 МПа) до необходимого значения, обеспечивающего устойчивую работу пневмогидронасоса (~0.6 МПа). Пневмогидронасос необходим для преобразования давления сжатого воздуха в давление гидравлической жидкости. Пневмогидронасос снабжен емкостью 2 с необходимым запасом гидравлической жидкости. Гидравлическая жидкость по магистралям высокого давления 6 поступает в гидравлический инструмент 10, приводя его в движение и возвращается по обратным магистралям высокого давления 6 в емкость 2, обеспечивая непрерывную циркуляцию гидравлической жидкости в системе. Магистральные шланги оснащены быстроразъемными соединениями, позволяющими оперативно присоединять и отсоединять гидравлический инструмент с приводом. Для возможности работы в задымленных помещениях привод оснащен дыхательной маской спасателя. Для подачи воздуха в дыхательную маску необходимо открыть вентиль 9. Воздух по магистралям низкого давления 5 через легочный автомат начнет поступать в дыхательную маску. Корпус пневмогидропривода крепится к подвесной системе 4, обеспечивающей надежное крепление привода на плечевом поясе спасателя. Пневматическая часть также оснащена сигнальным устройством, представляющим собой манометр с звуковым оповещением о критическом снижении давления в баллонах с воздухом. После получения звукового оповещения баллоны следует заменить. Время замены баллона со сжатым воздухом составляет около 30 с. На корпусе привода могут дополнительно устанавливаться светоотражатели для работы в темное время суток или в условиях плохой видимости.

Для дальнейшего исследования работоспособности и технологичности разработки по результатам выполненного трехмерного моделирования с использованием

аддитивных технологий был создан опытный образец пневмогидропривода ГАСИ. Опытный образец прошел необходимые испытания на учебно-тренировочном пожарном полигоне. Проведение испытаний проводились по стандартной типовой методике с учетом зарубежного опыта в данной области [8–10]. В ходе испытаний осуществлялись два вида типовых аварийно-спасательных работ: перекусывание стальной арматуры диаметром 18 мм при помощи комбинированных ножниц (рис. 3) и подъем железобетонной плиты разжимом на необходимую высоту (рис. 4).



Рис. 3. Перекусывание стальной арматуры.



Рис. 4. Подъем разжимом железобетонной плиты.

Перекусывание стальной арматуры проводилось с полным смыканием режущих частей комбинированных ножниц, подъем железобетонной плиты — до раскрытия рычагов разжима на полную величину. Испытания проводились в непрерывном режиме одними и теми же исполнителями и включали последовательное проведение пяти циклов каждого вида работ при помощи разработанного пневмогидравлического привода и ручного гидравлического насоса ГАСИ.

Испытания показали, что среднее время одного рабочего цикла пневмогидравлического привода составило: при перекусывании стальной арматуры — 36 с, при подъеме железобетонной плиты — 24 с. При выполнении тех же работ ручным гидравлическим насосом от цикла к циклу наблюдалось увеличение затрачиваемого времени из-за накопления физической усталости исполнителей. Среднее затраченное время составило: на перекусывание стальной арматуры — 62 с, на подъем железобетонной плиты — 47 с.

Кроме того, разработанный пневмогидравлический привод устойчиво функционировал в условиях задымления, где гидравлический насос с двигателем внутреннего сгорания отключался по причине недостатка кислорода и засорения воздушного фильтра.

Выводы. На основании проведенных испытаний можно сделать вывод, что разработанный пневмогидравлический привод, в котором используется принцип преобразования энергии потока сжатого воздуха в энергию потока гидравлической жидкости, обеспечивает повышение производительности и эффективности работы ГАСИ в сравнении с ручным приводом. Устройство позволяет выполнять работы с гидравлическим инструментом одним спасателем в пожароопасной, взрывоопасной и непригодной для дыхания среде.

Финансирование работы. Работа выполнялась в рамках плана научной работы Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России.

Благодарности. Авторы выражают благодарность руководству академии за возможность проведения испытаний опытного образца на учебно-научном полигоне.

Конфликт интересов. Авторы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Лавриненко Д. Ф., Петренко П. П., Баринов М. Ф., Мясников Д. В.* Основы применения аварийно-спасательного инструмента и оборудования: учеб. пособие. Химки: Академия гражданской защиты МЧС России, 2014. 124 с.
2. Руководство по эксплуатации гидравлического аварийно-спасательного инструмента «Ермак» Красноармейск, НПО «Простор», 2013. 26 с.
3. *Гулиа Н. В.* Накопители энергии. М.: Наука, 1980. 152 с.
4. *Карабин А. И.* Сжатый воздух. Выработка, потребление, пути экономии. М.: Наука, 1964. 341 с.
5. *Шпилов Р. М., Захаров Д. Ю., Литов К. М.* Определение расхода дыхательных ресурсов при работе газодымозащитника с использованием пневмогидравлического привода гидравлического аварийно-спасательного инструмента // Современные проблемы гражданской защиты. 2020. № 2 (35). С. 122.
6. *Киселев В. В., Топоров А. В., Зарубин В. П. и др.* Особенности применения пневмогидравлического привода гидравлического аварийно-спасательного инструмента в летний и зимний периоды // Техносферная безопасность. 2020. № 2 (27). С. 57.
7. *Дьяконов О. Б., Крудышев В. В., Филиппов А. В.* Оценка эффективности применения пневмогидравлических насосов в комплектах аварийно-спасательного инструмента // Техносферная безопасность. 2019. № 1 (22). С. 3.
8. *Marcinek M., Marková I.* Working Effectiveness of Hydraulic Rescue Equipments for Firefighters // Adv. Mater. Res. 2014. V. 1001. P. 517.

9. *Casey C., Grant P. E., Merrifield B.* Assessment of Powered Rescue Tool Capabilities with High-Strength Alloys and Composite Materials: Final Report; The Fire Protection Research Foundation: Quincy, MA, USA, 2011.
10. *Prasuka J.* Checking and testing pressure strength of hydraulic rescue tools and their accessories and pneumatic rescue bags // *Bezpieczenstwo i Technika Pozarnicza*. 2007. V. 8 (4). P. 33.