

УДК 614.8:621.22

yakovenkota@bk.ru

**ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПНЕВМОГИДРАВЛИЧЕСКОГО ПРИВОДА  
ГИДРАВЛИЧЕСКОГО АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНОГО ИНСТРУМЕНТА  
В ЛЕТНИЙ И ЗИМНИЙ ПЕРИОДЫ**

**EATURES OF APPLICATION OF PNEUMAHYDRAULIC DRIVE  
OF THE HYDRAULIC EMERGENCY RESCUE TOOL  
IN SUMMER AND WINTER PERIODS**

*Киселев В. В., кандидат технических наук,  
Топоров А. В., кандидат технических наук,  
Зарубин В. П., кандидат технических наук,  
Ивановская пожарно-спасательная академия  
ГПС МЧС России, Иваново,  
Яковенко Т. А., кандидат технических наук,  
Уральский институт ГПС МЧС России, Екатеринбург,  
Сайкин М. С., кандидат технических наук,  
Ивановский государственный энергетический университет, Иваново*

*Kiselev V. V., Toporov A. V., Zarubin V. P.,  
Ivanovo Fire and Rescue Academy of the Emergency Ministry of Russia, Ivanovo,  
Yakovenko T. A.,  
The Ural Institute of State Firefighting Service of Ministry  
of Russian Federation for Civil Defense, Yekaterinburg,  
Saykin M. S.,  
Ivanovo State Power University, Ivanovo*

В статье описывается конструкция опытного образца пневмогидравлического привода гидравлического аварийно-спасательного инструмента, в котором источником энергии является воздух под давлением. Отличительной особенностью опытного образца является его ранцевое исполнение, что позволяет выполнять работы с гидравлическим аварийно-спасательным инструментом одним спасателем. Созданное устройство может найти применение при проведении аварийно-спасательных работ в различных климатических условиях, как при отрицательных, так и положительных температурах окружающей среды. В статье приведены результаты эксплуатационных испытаний опытного образца в летний и зимний периоды.

*Ключевые слова:* гидравлический аварийно-спасательный инструмент, испытание, привод.

This article describes the design of the prototype pneumatic-hydraulic drive hydraulic emergency rescue tool, in which the source of energy is air under pressure. A distinctive feature of the prototype is its knapsack design, which allows one rescuer to perform work with the hydraulic emergency rescue tool. The created device can be used in rescue operations in various climatic conditions, both at negative and positive ambient temperatures. The article presents the results of operational tests of a prototype in the summer and winter periods.

*Keywords:* hydraulic rescue tool, drive, air pump, experimental sample, test, temperature.

Пожар является стихийным бедствием, причиняющим существенный ущерб, остановить которое достаточно сложно. Кроме пожаров, существенный ущерб экономике и угрозу жизни и здоровью граждан приносят различные чрезвычайные ситуации и стихийные бедствия, а также дорожно-транспортные происшествия. Для борьбы с огнем и спасения граждан пожарно-спасательные подразделения оснащены специальной техникой, в том числе пожарно-спасательными автомобилями. В современном машиностроении пожарной техники наблюдается тенденция создания пожарно-спасательных автомобилей с повышенной функциональностью, предполагающей непосредственно тушение пожаров и проведение аварийно-спасательных работ. Для этого пожарные автомобили комплектуются различным аварийно-спасательным инструментом, в том числе гидравлическим аварийно-спасательным инструментом (ГАСИ). Гидравлический аварийно-спасательный инструмент применяют в случаях деформации элементов конструкций при пожарах или кузова автомобиля при дорожно-транспортных происшествиях [1].

Гидравлический аварийно-спасательный инструмент приводится в действие различными внешними источни-

ками энергии – ручным насосом, электроприводным насосом, моторизованным насосом. Недостатком насосов с двигателями внутреннего сгорания является трудоемкость обслуживания, необходимость хранения и транспортировки топлива, проблемы с запуском при низких температурах. Ручные насосы просты в эксплуатации и обслуживании, однако менее эффективны, по сравнению с бензиновыми насосами, и требуют для работы дополнительную единицу расчета из числа личного состава. Электрические насосные станции имеют ограниченное время работы, определяемое емкостью батарей. В пневмоприводных насосах в качестве источника энергии используется газ под давлением. Накопленный в ресивере газ воздействует на рабочую жидкость, которая по шлангам высокого давления подается к исполнительному органу [2].

Коллективом авторов была предложена оригинальная конструкция пневмоприводного насоса гидравлического аварийно-спасательного инструмента, выполненная в виде подвесной системы, закрепленной на спине пожарного (рис. 1) [3]. Основным преимуществом такого инженерного решения является возможность выполнять работы с ГАСИ одним спасателем.



Рисунок 1. Пневмоприводной насос ГАСИ

Для пояснения принципа работы разработанного устройства приведем следующую схему (рис. 2).

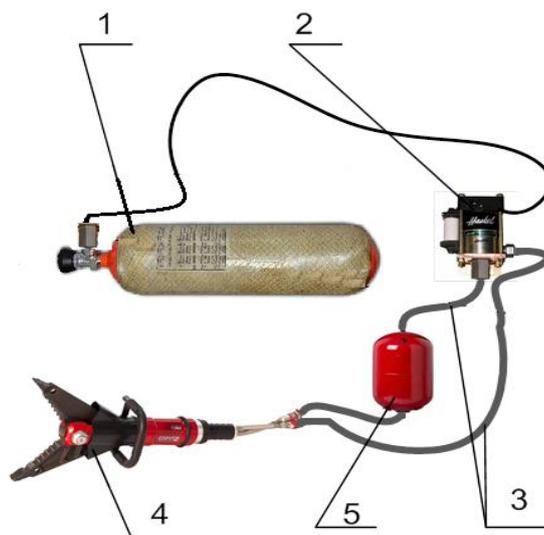


Рисунок 2. Схема устройства:

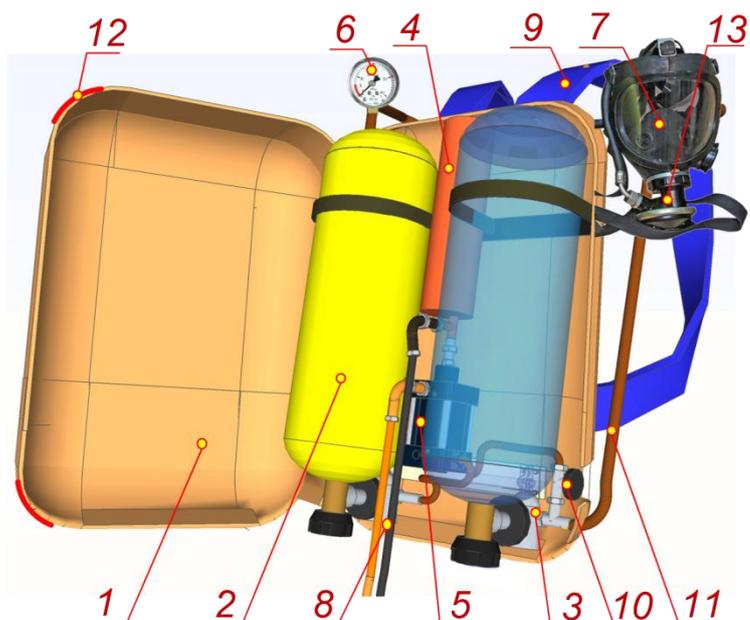
1 – баллон со сжатым воздухом; 2 – пневмогидронасос;  
3 – шланги высокого давления; 4 – гидравлический инструмент; 5 – масляный бак

В качестве источника энергии применяется баллон со сжатым воздухом 1 под давлением 26 МПа. Для понижения давления воздуха баллон оснащен редуктором. Редуцированное давление воздуха составляет 0,6 МПа. Для преобразования давления сжатого воздуха в давление жидкости устройство оснащено пневмогидронасосом 2. Выходное отверстие пневмогидронасоса соединяется шлангами высокого давления 3 с гидравлическим инструментом 4. Выходная магистраль гидравлического инструмента соединена с масляным баком 5. Бак 5 соединяется с входным отверстием пневмогидронасоса 2.

Работает привод следующим образом. Сжатый воздух от баллона подается в пневмогидронасос, где давление воздуха преобразуется в давление жидкости. Жид-

кость под давлением по шлангам подается к исполнительному органу и приводит его в движение. Таким образом, обеспечивается привод аварийно-спасательного инструмента от сжатого воздуха.

Часто работа пожарных и спасателей происходит в непригодной для дыхания среде. Для этих случаев пожарные оснащены дыхательными аппаратами, также размещенными на спине. Для решения проблемы совмещения дыхательного устройства и пневмоприводного насоса была разработана другая, более совершенная конструкция пневмогидравлического привода ГАСИ, трехмерная модель которого показана на рис. 3. Созданный опытный образец отличается тем, что он дополнительно оснащен дыхательной системой со сжатым воздухом [4].



*Рисунок 3. Трехмерная модель модернизированного привода ГАСИ:  
 1 – композитный корпус; 2 – баллон для сжатого воздуха с вентилем;  
 3 – редуктор для баллона; 4 – расширительный бачок для масла; 5 – пневмогидронасос;  
 6 – манометр; 7 – панорамная маска; 8 – шланги высокого давления;  
 9 – подвесная система; 10 – соединительная запорная арматура;  
 11 – шланги низкого давления; 12 – отражатели на корпусе; 13 – легочный автомат*

В настоящее время изготовлен экспериментальный образец и организована его опытная эксплуатация (рис. 4), кото-

рая включает, в том числе, проведение испытаний при различных температурных условиях.



*Рисунок 4. Опытный образец разработанного устройства*

В ходе опытной эксплуатации экспериментального образца разработанного пневмогидравлического привода проводились различные виды работ, в частности перекусывание стальной арматуры диаметром до 28 мм, подъем бетонных плит и другие.

Поскольку физические характеристики газов под давлением значительно изменяются под действием различных внешних факторов, представляет интерес изучение их влияния на работоспособность инструмента с пневмогидравлическим приводом. Одним из самых значимых факторов здесь является температура окружающего воздуха и частей устройства, имеющих непосредственный контакт с рабочим газом. Диапазон колебаний температур окружающего воздуха в нашей стране может достигать 80 °С.

В процессе опытной эксплуатации привод использовался как в летний, так и в зимний периоды. Влияние влажности окружающего воздуха на рабочие характеристики не учитывалось.

Для нормального функционирования пневмогидронасоса, используемого в приводе, важны две основные характеристики сжатого воздуха: давление и расход. Давление воздуха определяет давление жидкости и в итоге усилие на рабочих элементах исполнительного органа гидравлического аварийно-спасательного инструмента. Как показал опыт использования, давление воздуха во входной магистрали пневмогидронасоса составляло порядка 0,6–0,9 МПа. Применяемый в приводе пневмогидронасос обладает значительным коэффициентом преобразования и обеспечивает давление в рабочей гидравлической магистрали порядка 55–68 МПа.

Опытная эксплуатация устройства проводилась в осенне-зимний период. Эффективность работы привода в первую очередь оценивалась по перекусыванию стальной арматуры диаметром 18 мм. Цикл включал в себя выполнение опера-

ции с последующим полным смыканием режущих частей исполнительного органа. Среднее время одного рабочего цикла составляло порядка 18 с независимо от температуры окружающего воздуха. Работы проводились в непрерывном режиме, при постоянном контроле величины давления в баллоне от значения 24 МПа до 4 МПа при различных значениях температуры окружающего воздуха. Зависимость времени работы от величины температуры окружающего воздуха представлена на рис. 5 (прерывистая линия).

Как видим из данных графика, с увеличением температуры окружающей среды время работы устройства увеличивается. Это связано с изменением физических свойств воздуха.

Известно, что плотность воздуха зависит от температуры [7], т. е. при том же давлении расход сжатого воздуха из баллона будет возрастать, что повлечет за собой снижение времени работы. Качественная зависимость плотности воздуха от температуры изображена на рис. 5 сплошной линией. Однако в отличие от графика зависимости плотности воздуха, зависимость времени работы имеет больший градиент. Такой характер кривой может быть связана с дополнительным охлаждением воздуха в рабочем тракте. В ходе работы в двух узлах испытываемой конструкции – редукторе и ресивере – происходит дренирование воздуха, результатом которого является значительное снижение температуры этих узлов. Визуально этот эффект возможно наблюдать по образованию инея на редукторе, шлангах и ресивере. Измерения температуры этих узлов при различных условиях эксплуатации не проводились, однако при температуре окружающей среды –1 °С установлено, что температура поверхности редуктора баллона составляла порядка –8 °С, корпуса ресивера –6 °С, корпуса пневмогидронасоса –4 °С.

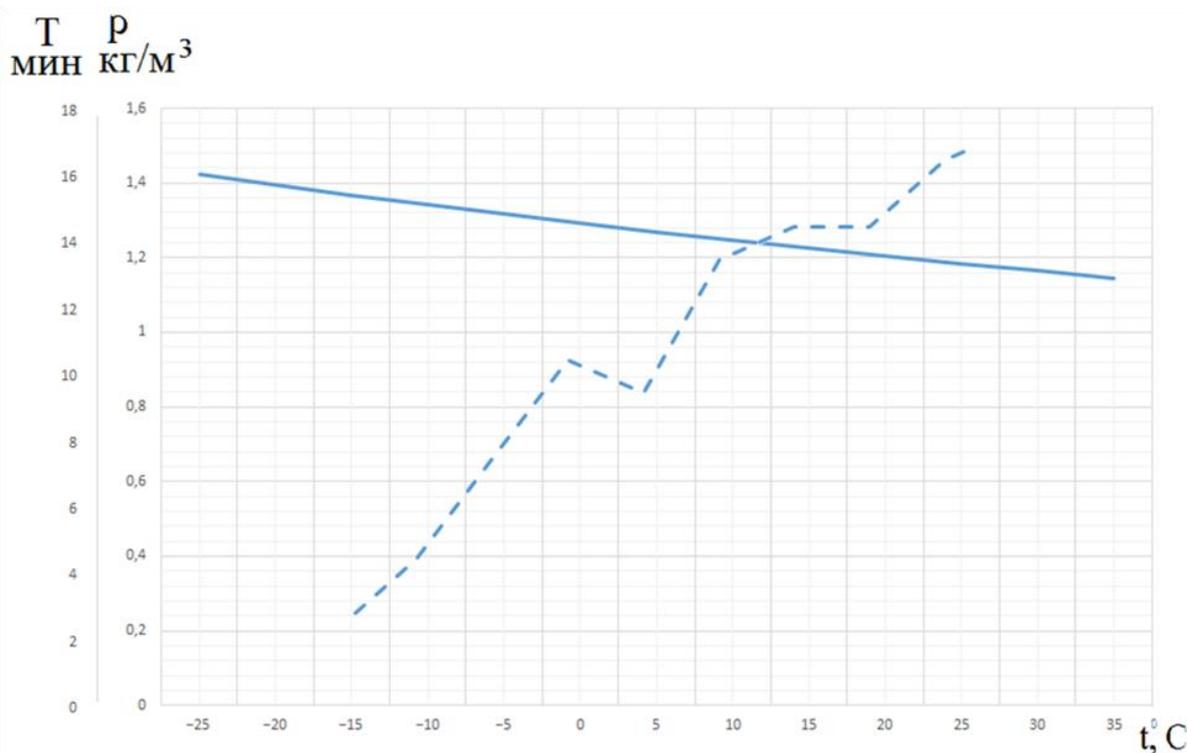


Рисунок 5. Зависимость плотности воздуха (сплошная линия) и времени работы пневмогидравлического привода гидравлического аварийно-спасательного инструмента от температуры окружающей среды

Судя по кривой (рис. 5), эффект доохлаждения рабочего воздуха наиболее значительно проявляется при температурах окружающей среды от 0 °C и ниже, что отрицательно сказывается на времени работы устройства.

В пользу предположения о дополнительном охлаждении воздуха в рабочей магистрали может так же свидетельствовать следующая выявленная особенность. В ходе испытаний при температурах ниже 5 °C уменьшалась скорость работы инструмента. Снижение скорости происходило скачкообразно и не сопровождалось падением давления воздуха в баллоне. Например, при температуре выше 5 °C удавалось выполнить всю серию испытаний без изменения скорости, а при -5 °C после 23

рабочих ходов скорость резко падала, при -10 °C удавалось выполнить лишь 15 рабочих ходов без увеличения времени операции. Замена баллонов в ходе испытаний производилась за время не более 30 с.

Таким образом, в ходе проведенных испытаний установлено, что использование привода гидравлического аварийно-спасательного инструмента, в котором используется принцип преобразования энергии сжатого воздуха в энергию сжатой жидкости, позволяет выполнять все необходимые операции. При снижении температуры окружающей среды происходит значительное уменьшение времени работы таких устройств, приемлемое время работы привода обеспечивается при температурах выше 5 °C.

#### Литература

1. Пучков П. В., Киселев В. В., Топоров А. В. Разрушение строительных металлоконструкций в условиях пожара // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. 2010. № 3. С. 29–32.
2. Пучков П. В. и др. Гидравлический аварийно-спасательный инструмент с пирогенератором давления рабочей среды. Патент на полезную модель RU 115267 U1. 2012.

3. Топоров А. В., Смирнов М. В. Переносной гидравлический аварийно-спасательный инструмент. Патент на полезную модель (19) RU (11) 174 423 (13) U1. 2017.
4. Топоров А. В. и др. Переносной гидравлический аварийно-спасательный инструмент. Патент на полезную модель RU (11) 175 901 (13) U1. 2017.
5. Гомонай М. В., Топоров А. В., Смирнов М. В. Применение сжатого газа в качестве источника энергии для привода гидравлического аварийно-спасательного инструмента // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. 2016. № 3 (30). С. 39–42.
6. Топоров А. В. и др. Применение сжатого газа для привода гидравлического инструмента // Сборка в машиностроении, приборостроении. 2017. № 8. С. 345–347.
7. Карабин А. И. Сжатый воздух. Выработка, потребление, пути экономии. М., 1964. 341с.

#### References

1. Puchkov P. V., Kiselev V. V., Toporov A. V. Razrushenie stroitel'nyh metallokonstrukcij v usloviyah pozhara // Nauchnye i obrazovatel'nye problemy grazhdanskoj zashchity. 2010. № 3. P. 29–32.
2. Puchkov P. V. et al. Gidravlicheskiy avarijno-spasatel'nyj instrument s pirogeneratorom davleniya rabochej sredy. Patent na poleznuyu model' RU 115267 U1. 2012.
3. Toporov A. V., Smirnov M. V. Perenosnoj gidravlicheskiy avarijno-spasatel'nyj instrument. Patent na poleznuyu model' (19) RU (11) 174 423 (13) U1. 2017.
4. Toporov A. V. et al. Perenosnoj gidravlicheskiy avarijno-spasatel'nyj instrument. Patent na poleznuyu model' RU (11) 175 901 (13) U1. 2017.
5. Gomonaj M. V., Toporov A. V., Smirnov M. V. Primenenie szhatogo gaza v kachestve istochnika energii dlya privoda gidravlichesкого avarijno-spasatel'nogo instrumenta | Nauchnye i obrazovatel'nye problemy grazhdanskoj zashchity. 2016. № 3 (30). P. 39–42.
6. Toporov A. V. et al. Primenenie szhatogo gaza dlya privoda gidravlichesкого instrumenta // Sborka v mashinostroenii, priborostroenii. 2017. № 8. P. 345–347.
7. Karabin, A. I. Szhatyj vozduh. Vyrabotka, potreblenie, puti ekonomii. M., 1964. 341 p.