

УДК 614.8

el-tretyak@yandex.ru

**ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОТЫ ГИДРОЭЛЕВАТОРНОЙ СИСТЕМЫ****OPTIMIZATION OF THE HYDROELEVATOR SYSTEM**

*Бараковских С. А., кандидат технических наук, доцент,  
Карама Е. А., кандидат педагогических наук, доцент,  
Уральский институт ГПС МЧС России, Екатеринбург,  
Коньков В. Ф., 32 ПСО ФПС ГПС МЧС России  
по Свердловской области, Екатеринбург,  
Попова С. В., Уральский институт  
ГПС МЧС России, Екатеринбург*

*Barakovskikh S. A., Karama E. A.,  
The Ural Institute of State Firefighting Service of Ministry  
of Russian Federation for Civil Defense, Yekaterinburg,  
Konkov V. F., Duty shift 32 fire and rescue squad  
of the Federal fire service of the state fire service of the EMERCOM  
of Russia in the Sverdlovsk region, Yekaterinburg,  
Popova S. V., The Ural Institute of State Firefighting Service  
of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Yekaterinburg*

Одним из факторов, значительно осложняющих тушение пожара, является недостаток воды. Если источники располагаются на значительном расстоянии, то осуществление подвоза воды требует наличия большого количества техники и привлечения всего личного состава. Статистика показывает, что условием развития пожара до крупных размеров является неудовлетворительное противопожарное водоснабжение объекта. Непосредственному забору воды пожарными автомобилями из естественных водоисточников часто препятствуют крутые и заболоченные берега. В таких случаях необходимо применять для забора воды гидроэлеватор Г-600 и его модификации. В статье рассмотрены вопросы обеспечения надежной подачи воды от наружных водоисточников с использованием гидроэлеваторов. Главная цель эксплуатации таких установок и, соответственно, их функция – обеспечение бесперебойной подачи воды по рукавам с большой глубины или с отдаленного источника. В статье приведено расчетно-практическое обоснование схемы забора воды, рассмотрены вопросы оптимизации количества напорных рукавов для запуска гидроэлеваторной системы с двумя Г-600. Доказана работоспособность гидроэлеваторной системы при замене напорных рукавов для подачи на гидроэлеватор диаметром 66 мм на диаметр 51 мм. Таким образом, в процессе решения задачи оптимизации, понимаемой нами как процесс выбора наилучшего варианта из множества всех возможных, мы обосновали оптимальное значение параметров, которые определяют эту задачу.

*Ключевые слова:* оптимизация, гидроэлеватор, забор воды, расчет, пожарный рукав.

One of the factors that significantly complicate fire fighting is the lack of water. If the sources are located at a considerable distance, the implementation of water delivery requires a large amount of equipment and the involvement of all personnel. Statistics show that the condition for the development of a fire to a large size is an unsatisfactory fire-fighting water supply of the object. Direct water intake by fire trucks from natural

water sources is often hindered by steep and swampy banks. In such cases, it is necessary to use the g-600 hydraulic Elevator and its modifications for water intake. Reliable operation of technical systems is an important condition for uninterrupted water supply of fire equipment and reducing damage from fires. The article deals with the issues of ensuring reliable water supply from external water sources using hydroelevators. The main purpose of operation of such installations and, accordingly, their function is to ensure uninterrupted supply of water through the hoses from a great depth or from a remote source. The calculation and practical justification of the water intake scheme is given, and the issues of optimizing the number of pressure hoses for starting a hydroelevator system with two G-600s are considered. The efficiency of the hydroelevator system has been proven, when replacing the pressure hoses for feeding to the hydroelevator with a diameter of 66 mm by a diameter of 51 mm. Thus, in the process of solving the optimization problem, which we understand as the process of choosing the best option from a set of all possible options, we justified the optimal value of the parameters that determine this problem.

*Keywords:* optimization, hydraulic Elevator, water intake, calculation, fire hose.

Под оптимизацией понимают процесс выбора наилучшего варианта из множества всех возможных. С точки зрения инженерных расчетов, методы оптимизации позволяют выбирать наилучший вариант конструкции, наилучшее распределение ресурсов и т. д. В процессе решения задач оптимизации, как правило, необходимо найти оптимальное значение некоторых параметров, которые определяют данную задачу.

Решающую роль в ликвидации последствий пожаров играет своевременное прибытие пожарных подразделений и подача огнетушащих средств. Поэтому одним из приоритетных мероприятий превентивного характера является обеспечение территорий организаций и населенных пунктов противопожарным водоснабжением. Как показывает практика, неисправность или отсутствие источников противопожарного водоснабжения не позволяет оперативно ликвидировать горение в начальной стадии пожара и, как следствие, сопровождается увеличением ущерба от пожара, привлечением дополнительных сил и средств и более длительной ликвидацией последствий. Вода на пожаре напрямую, или косвенно определяет параметры пожара (площадь, время локализации, время ликвидации открытого горения, время тушения, материальный ущерб).

В настоящее время особое внимание уделяется вопросам обеспечения надежной подачи воды от наружных водосточников. Вода, вывозимая на автоцистернах, имеет ограниченный запас: пожарные и естественные водоёмы, пожарные гидранты есть не везде. В случае неудовлетворительного противопожарного водоснабжения, руководитель тушения пожара начинает производить разведку водосточников, и любой водоём, имеющий хоть какой-то запас воды для тушения пожара, может оказаться решающим фактором в вопросах обеспечения эффективного пожаротушения. Однако возможности центробежных пожарных насосов не всегда позволяют осуществить процесс забора воды – геометрическая высота всасывания ограничена 7,5 м. В подобных ситуациях наиболее эффективно использование гидроэлеватора Г-600, Г-600А. Функциональное предназначение данных установок – обеспечение бесперебойной подачи воды при заборе с большой глубины или с отдаленно расположенного источника. Принцип работы гидроэлеватора следующий: «рабочая струя» воды поступает из насоса и, проходя через сопло, создает в цилиндрической части диффузора разрежение, благодаря чему в камеру поступает определенное количество эжектируемой воды из водосточника. Из гид-

роэлеватора вода поступает в промежуточную емкость (цистерну), откуда часть воды подается насосом к гидроэлеватору как «рабочая», а другая часть может быть использована для пожаротушения. Гидроэлеватор Г-600 является очень простым в управлении техническим средством. Во многом это связано с тем, что в нем нет механических, то есть движущихся частей. По той же причине срок его эксплуатации при идеальных условиях ограничен лишь коррозией материалов, из которых он выполнен.

В практике пожаротушения существует много отработанных схем забора воды с помощью гидроэлеватора. Все они рабочие и эффективные, но у всех есть один недостаток с позиции настоящего времени. Все известные схемы предполагают по умолчанию использование на подачу воды в гидроэлеватор рукавов диаметром 66 мм, кроме этого, сам Г-600 на входе имеет соединительную полугайку такого же размера. Как показывает практика, личный состав пожарной охраны в последнее время очень редко использует рукава диаметром 66 мм, заменяя их на машинах боевого расчёта на рукава диаметром 51 мм.

Суть проведенного нами эксперимента заключалась в том, чтобы доказать

на практике работоспособность гидроэлеваторной системы при использовании рукавов диаметром 51 и 77 мм.

Для эксперимента был использован пожарный автомобиль АПС-2,5-40 (43253) на базе шасси КАМАЗ.

#### Порядок эксперимента

1. От АЦ от выкидного патрубка прокладывается линия из двух напорных рукавов диаметром 77 мм с разветвлением РТ-80.

2. К разветвлению присоединяются два рукава диаметром 51 мм.

3. К рукавам 51 мм, с помощью переходных полугаек 51–66 мм присоединяются два гидроэлеватора Г-600.

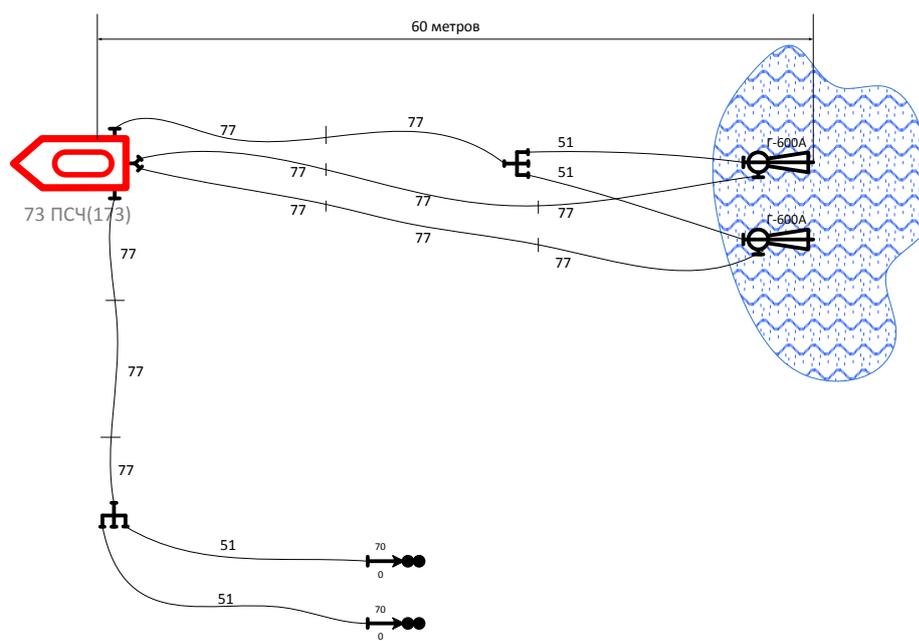
4. От каждого Г-600 собирается обратная линия из трёх рукавов диаметром 77 мм до АЦ.

5. На всасывающий патрубок насоса присоединяется водосборник ВС-125.

6. Обратные линии из рукавов 77 мм присоединяются к водосборнику, гидроэлеваторы погружаются в водоём.

7. Из левого напорного патрубка прокладывается напорная линия на подачу воды (2 рукава диаметром 77 мм, РТ-80, 2 рукава диаметром 51 мм, 2 ствола РСК 70).

Схема приведена на рис. 1.



*Рисунок 1. Экспериментальная схема с использованием гидроэлеваторов*  
После того как схема собрана, приступаем к забору воды.

**Последовательность действий**

1. Проверить соединения рукавов, гидроэлеватора, стволов.
2. Устранить перегибы в рукавах.
3. Закрыть все вентили насоса, сливной кран.
4. Включить на малых оборотах насос, открыть вентиль из цистерны, создать давление в насосе.
5. Открыть вакуум-клапан, постепенно открывая вентиль напорного патрубка, подать воду в напорную линию гидроэлеватора. Предварительно открыть вентили на разветвлении.
6. Создать давление порядка 3 атм, при возвращении воды по обратной линии в насос и создании устойчивого давления на мановаккуметре (5–6 атм) закрыть вакуум-клапан, плавно закрыть вентиль из цистерны.
7. Увеличить давление до 9–10 атм (при проведении эксперимента поддерживалось давление 9,5 атм).
8. Убедиться в работоспособности и стабильности системы без подпитки из цистерны.
9. Плавно подать воду в линию на подачу, контролируя показания мановаккуметра.
10. На разветвлении сначала подать воду на 1 ствол, потом постепенно на второй, при этом следить за давлением в обратной линии.
11. Убедиться в устойчивой работе системы.
12. Давление на насосе поддерживается 9,5 атм.

В результате проведенного эксперимента, когда схема из двух Г-600 была собрана и осуществлен успешный забор воды, наблюдалась устойчивая работа двух стволов с расходом 7,4 л/с (888 л/мин). Фотоотчет эксперимента представлен на рис. 2.



*Рисунок 2. Этапы выполнения экспериментальной части*

Для подтверждения предложенного решения нами были произведены инженерно-технические расчеты по обоснованию мероприятий по оптимизации работы гидроэлеваторной системы.

1. Определим требуемое количество воды  $V_{\text{СИСТ}}$ , необходимое для запуска гидроэлеваторной системы на два Г-600А

$$V_{\text{СИСТ}} = N_p \cdot V_p \cdot K = (8 \cdot 90 + 2 \cdot 40) \cdot 1,5 = 1200 \text{ л.} \quad (1)$$

По схеме с использованием рукавов диаметром 66 мм:

$$V_{\text{СИСТ}} = N_p \cdot V_p \cdot K = (6 \cdot 70 + 6 \cdot 90) \cdot 1,5 = 1440 \text{ л.} \quad (2)$$

По схеме с использованием рукавов диаметром 77 мм:

$$V_{\text{СИСТ}} = N_p \cdot V_p \cdot K = (12 \cdot 90) \cdot 1,5 = 1620 \text{ л,} \quad (3)$$

где  $N_p$  – число рукавов в гидроэлеваторной системе (шт.);

$V_p$  – объем одного рукава длиной 20 м (л);

$K$  – коэффициент, зависящий от количества гидроэлеваторов в системе, работающей от одной пожарной машины ( $K = 2 - 1 \text{ Г-600}$ ,  $K = 1,5 - 2 \text{ Г-600}$ );

при расположении водоисточника на расстоянии 50 м с высотой подъема 3 м.

По новой предложенной схеме с использованием рукавов диаметром 51 мм:

Рукава диаметром 51 мм – 2 шт.

Рукава диаметром 77 мм – 8 шт.

Рукава диаметром 77 мм – 6 шт.

Рукава диаметром 66 мм – 6 шт.

Определив требуемое количество воды для запуска гидроэлеваторной системы, сравнивают полученный результат с запасом воды, находящимся в пожарной автоцистерне, и выявляют возможность запуска этой системы в работу.

2. Определим возможность совместной работы насоса АЦ с гидроэлеваторной системой.

$$И = Q_{\text{СИСТ}} / Q_{\text{Н}} = 38,2 / 40 = 0,955 < 1, \quad (4)$$

$$Q_{\text{СИСТ}} = N_{\text{Г}} (Q_1 + Q_2) = 2 (9,1 + 10) = 38,2, \quad (5)$$

$$И = 0,955 < 1, \quad (6)$$

где  $И$  – коэффициент использования насоса;

$Q_{\text{СИСТ}}$  – расход воды гидроэлеваторной системой (л/с);

$Q_{\text{Н}}$  – подача насоса пожарного автомобиля (л/с);

$N_{\text{Г}}$  – число гидроэлеваторов в системе (шт.);

$Q_1 = 9,1 \text{ л/с}$  – рабочий расход воды одного гидроэлеватора;

$Q_2 = 10 \text{ л/с}$  – подача одного гидроэлеватора.

При  $И < 1$  система будет работать, при  $И = 0,65 - 0,7$  будет наиболее устойчивая совместная работа гидроэлеваторной системы и насоса.

Следует иметь в виду, что при заборе воды с больших глубин (18–20 м) необходимо создавать на насосе напор 100 м. В этих условиях рабочий расход воды в системах будет повышаться, а расход насоса – понижаться против нормального и может оказаться, что сумма рабочего и эжектируемого расходов превысит

расход насоса. В этих условиях система работать не будет.

На основании проведённых расчётов видны преимущества предложенной новой схемы как по количеству минимального запаса воды, для запуска гидроэлеваторной системы, так и по количеству используемых рукавов.

Эксперимент показал, что предложенная схема работает устойчиво и обеспечивает работу двух стволов с расходом 7,4 л/с.

При предложенной схеме оптимально количество используемых рукавов (8 рукавов диаметром 77 мм, 2 рукава

диаметром 51 мм), следовательно, для запуска системы будет достаточно рукавов с одного пожарного автомобиля (как правило, на АЦ находится на вооружении 8–10 рукавов диаметром 77 мм, 6 рукавов – 51 мм, 4 рукава – 66 мм).

Предложенная схема работоспособна на расстоянии до водоисточника до 60 м. При расстоянии до водоисточника 60 м и высоте подъёма 3 м, при подаче двух стволов с расходом 7,4 л/с для устойчивой работы системы необходимо поддерживать давление в насосе не менее 9 атм.

#### Литература

1. Информационно-методический конструктор объектов защиты, расположенных на территории местного гарнизона пожарной охраны: а.с. 2015620080 / Харько С. Л., Бараковских С. А., Карама Е. А.; заявл. 20.11.2014; 2014621631; опубл. 15.01.2015.
2. Пожарная и аварийно-спасательная техника. Ч. 1 / М. Д. Безбородько и др.; под ред. М. Д. Безбородько. М., 2012. 353 с.
3. Пожарно-тактический практикум: а.с. 2016621702 / Харько С. Л., Бараковских С. А., Карама Е. А.; заявл. 23.12.2016; 2014621631; опубл. 21.02.2017.
4. Расчет параметров тушения пожаров при разных геометрических формах его развития на момент прибытия первых пожарных подразделений: а.с. 2013618712 / Харько С. Л., Бараковских С. А., Карама Е. А.; заявл. 18.07.2013; 2013616172; опубл. 17.09.2013.
5. Электронный помощник в решении пожарно-тактических задач: а.с. 2017612238 / Харько С. Л., Бараковских С. А., Карама Е. А.; заявл. 23.12.2016; 20146664115; опубл. 17.02.2017.

#### References

1. Information-methodical designer protection, located on the territory of the local garrison of fire protection: а.с. 2015620080 / Kharko C. L., Barakovskikh S. A., Karama, E. A.; statement 20.11.2014; 2014621631; publ. 15.01.2015.
2. Fire and rescue equipment: textbook. H. 1 / M. D. Bezborodko etc.; ed. by M. D. Bezborodko. Moscow, 2012. 353 p.
3. Fire tactics workshop: а.с. 2016621702 / Kharko C. L., Barakovskikh S. A., Karama, E. A.; statement 23.12.2016; 2014621631; publ. 21.02.2017.
4. Calculation of parameters of extinguishing fires in different geometric forms of its development at the time of arrival of the first fire departments: а.с. 2013618712 / Kharko C. L., Barakovskikh S. A., Karama, E. A.; statement 18.07.2013; 2013616172; publ. 17.09.2013.
5. Electronic assistant in the solution of fire and tactical tasks: а.с. 2017612238 / Kharko C. L., Barakovskikh S. A., Karama, E. A.; statement 23.12.2016; 20146664115; publ. 17.02.2017.