

*С.В. Васильев, к.т.н., доцент, НУЦЗУ,  
О.О. Ковальов, к.т.н., доцент каф., НУЦЗУ,  
В.Г. Баркалов, викладач, НУЦЗУ*

## **ТЕХНІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВИСОКОПРОДУКТИВНОГО ПЕРЕКАЧУВАННЯ ВОДИ ОСНОВНИМ ПОЖЕЖНИМ АВТОМОБІЛЕМ**

(представлено д-ром. техн. наук Ларіним О.М.)

Обґрунтовано можливість перекачувати воду за допомогою основного пожежного автомобіля, на прикладі АЦ-40(130)63Б, з продуктивністю у 1,5-2 рази більшою за номінальну. Розглянуті схеми оперативного розгортання для вирішення поставленого завдання, та сформульовані обмеження для запропонованих схем.

**Ключові слова:** перекачування води, гідроелеватор пожежний, відкрита схема, пожежний автомобіль.

**Постановка проблеми.** Оперативно-рятувальні підрозділи ДСНС України у своїй практичній діяльності стикаються з необхідністю перекачувати велику кількість води. Зазвичай обладнання, що стоїть у оперативному розрахунку буває достатньо. Основним (найбільш розповсюдженим) автомобілем є АЦ-40(130)63Б, та його аналог підвищеної прохідності АЦ-40(131)127. У номінальному режимі він дозволяє, за допомогою відцентрового насосу ПН-40 різних модифікацій, перекачувати рідини з продуктивністю  $144\text{ м}^3/\text{год}$  ( $40\text{ л/с}$ ) з глибини 3,5 м [1], та створювати тиск 1 МПа. Однак такий спосіб не є достатнім для вирішення специфічних задач. Таким чином неможливо забрати воду з глибини більшої за 7,5 м, з відстані більшої за 7-11 м, та при глибині водойму менше за 0,45 м. Для вирішення таких задач основний пожежний автомобіль комплектується струминним насосом (гідроелеватор Г-600А), що працює разом з основним насосом пожежного автомобіля [2].

Однак залишається невирішеним питання перекачування значно більших обсягів води. Зазвичай така задача вирішується використанням декількох пожежних автомобілів, однак такий спосіб обґрунтований тільки у випадку необхідності створення значного тиску рідини, що перекачується (0,2 МПа та більше) та наявності самої додаткової техніки. Використання декількох пожежних автомобілів для безнапірного (0,1 МПа та менше) відкачування води або для швидкого заповнення ємностей при використанні водозабезпечення пожежогасіння (або інших аварійно-рятувальних робіт) методом «підвозу» технічно та економічно недоцільно.

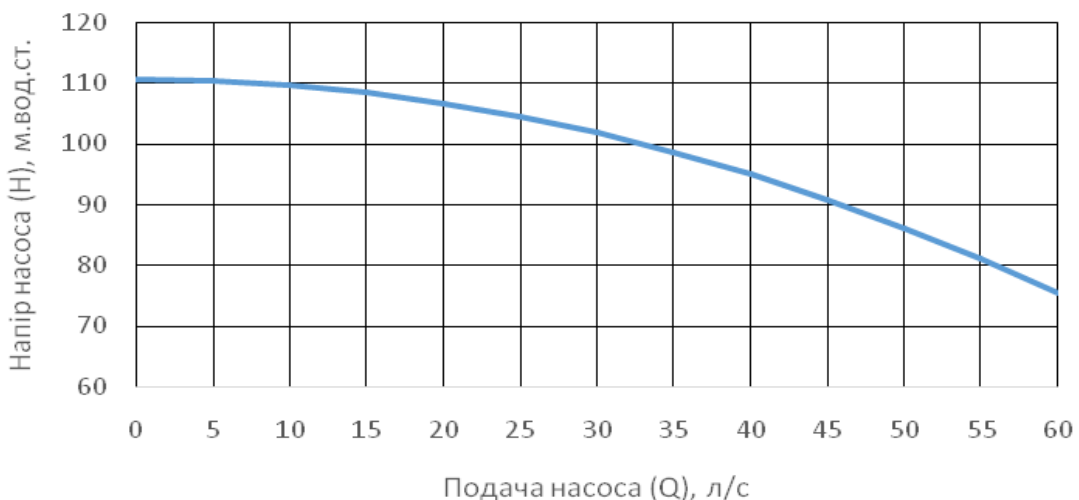
Метою цієї статті є обґрунтування можливості високопродуктивного (більше за 60 л/с) перекачування води пожежним автомобілем на прикладі АЦ-40(130)63Б.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Використання пожежного автомобіля обумовлено виконанням інструкції з експлуатації [3] та інших документів ДСНС[4, 5] та навчальних видань [6, 7]. Однак зазначений автомобіль був прийнятий на озброєння у 1969 році, в той час не приділялося достатньо уваги економічній доцільності заходів спрямованих на рятування людей та державної власності (особливо якщо зазначені заходи призводили до ускладнення обладнання та збільшення вимог до навичок персоналу необхідних для роботи на ньому). Враховуючи стаж роботи автомобіля понад 40 років, можна бачити, що спроби розвинути його нові технічні та тактичні можливості в останній час практично не робилися.

**Постановка завдання та його вирішення.** У інструкції [3] зазначено ТТХ автомобіля. Зокрема подача насоса складає 40 л/с. Саме таку кількість води може подавати справний пожежний автомобіль у нормальних умовах с заданої глибини, під тиском 10 атм. при 2700 об/хв. валу насосу. Однак більша кількість водіїв приймає це значення за максимально можливе та не розглядає можливість подати воду в більшій кількості. На рис. 1 наведено головну характеристику насоса (Q-Н характеристику) ПН-40У, що побудовано за аналітичною залежністю (1) [8], з якої можна побачити, що у номінальному режимі роботи насос може створювати статичний тиск понад 1,1 МПа, а під тиском 0,75 МПа розвивати подачу 60 л/с.

$$H = 110,6 - 0,0098Q^2, \quad (1)$$

де  $H$  – тиск (напір), на вихідних патрубках, м.вод.ст.,  $Q$  – подача насосу, л/с.



**Рис. 1.** Головна характеристика насоса ПН-40У

На рис. 1 залежність розрахована для подачі до 60 л/с, це пов'язано з критичним значенням швидкості рідини (турбулізація потоку) у всмоктуючій лінії насосу при більших значеннях подачі.

Тобто АЦ-40(130)63Б може перекачувати воду з продуктивністю 216 м<sup>3</sup>/год у номінальному режимі розвиваючи тиск 0,75 МПа. Однак незважаючи на фізичне обмеження продуктивності, що пов'язано з діаметром всмоктуючої лінії, зазначений автомобіль може перекачувати воду зі значно більшою продуктивністю.

У нормативній та навчальній літературі зазначається можливість використання гідроелеватора Г-600А разом зі штатним відцентровим пожежним насосом [2, 3, 6]. Однак його використання пропонується тільки за умов неможливості забрати воду за допомогою всмоктуючої сітки. У зв'язку із чим розглядаються тільки схеми роботи з одним та двома гідроелеваторами з підключенням зворотної лінії до всмоктуючого патрубку насосу того-ж самого автомобіля чи напряму до його цистерни (рис. 2). Такі схеми дають можливість отримувати воду з достатнім напором для безпосереднього використання на цілі пожежогасіння, однак зменшують загальну продуктивність перекачування.

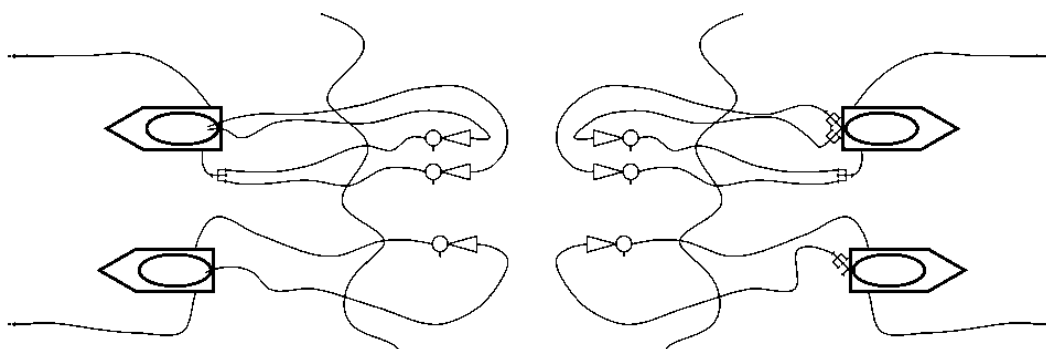


Рис. 2. Класичні схеми використання гідроелеватора

Для випадків відкачування великої кількості води з затоплених приміщень та швидкого заповнення ємностей при використанні гасіння з водозабезпеченням шляхом «підвозу води» надмірний тиск на викидних лініях непотрібен. Тому пропонується використовувати «відкриту гідроелеваторну схему» (рис. 3).

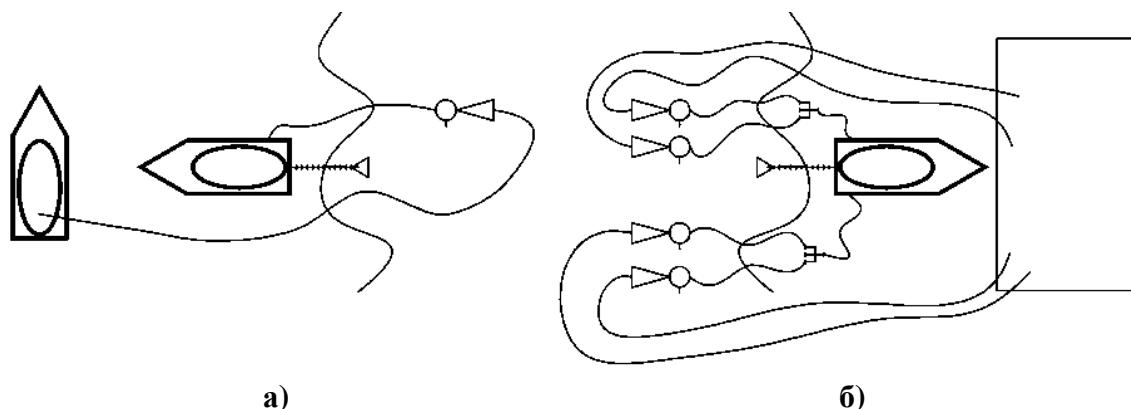


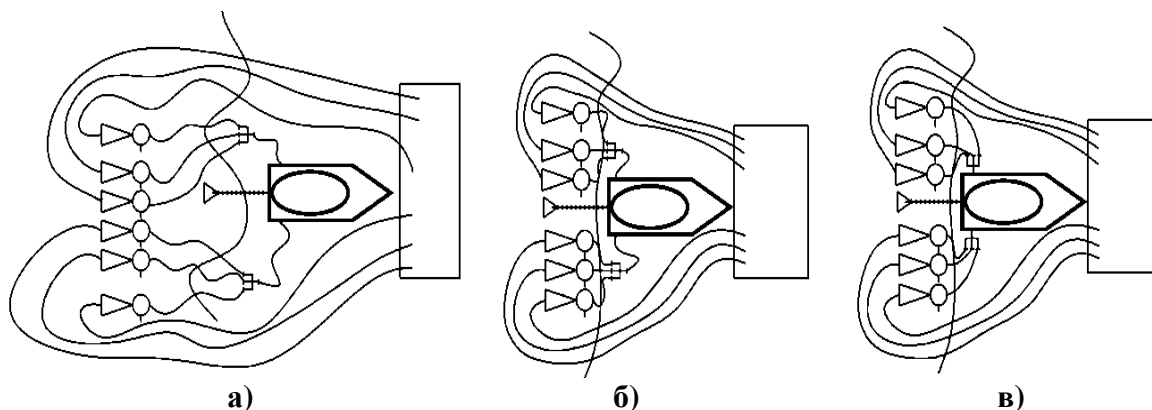
Рис. 3. Зразок відкритих гідроелеваторних схем: а) з одним гідроелеватором; б) мультигідроелеваторна відкрита система

Визначимо можливу кількість гідроелеваторів, що можуть одночасно працювати у такий схемі. Для чого розрахуємо необхідний тиск на відцентровому насосі пожежного автомобіля для роботи гідроелеваторів у номінальному режимі (рис. 4)

$$H_{\text{ПН}} = \sum S_i Q_i^2 + H_{\Gamma-600} \quad (2)$$

де  $Q_i$  – розхід води крізь ділянку, л/с;  $S_i$  – опір ділянки;  $H_{\Gamma-600}$  – номінальний тиск на входному патрубку гідроелеватора Г-600А

Зіставляючи данні з рис. 1 та табл. 1 можна зробити висновок про можливість (у номінальному режимі роботи відцентрового та струминних насосів) одночасної роботи 4-х гідроелеваторів із застосуванням всіх схем, та 5 гідроелеваторів за схемами б) та в) (рис. 4).



**Рис. 4.** Розрахункові схеми: а) використовуються пожежні напірні рукава довжиною 20 м; б) на першій та другій ділянці використовуються пожежні напірні рукава довжиною 4 м (водійські); в) розгалудження присьєднано безпосередньо до напірних патрубків насосу, на другій ділянці використовуються пожежні напірні рукава довжиною 4 м (водійські)

Тобто запуск відкритої гідроелеваторної схеми на 6 гідроелеваторів, у номінальному режимі роботи відцентрового насосу та гідроелеваторів неможливий. Схема може бути запущеною, однак параметри робочої рідини на вході до гідроелеваторів будуть нижче за номінальні а це, в свою чергу, призведе до не раціонального режиму роботи з меншою продуктивністю.

Визначимо чи можливо забезпечити на АЦ-40(130)63Б роботу насосу з параметрами, що відповідають схемі на 6 гідроелеваторів. Для чого побудуємо у просторі Q-H-n (подача-напір-оберти робочого колеса) поверхню, що відображає головну характеристику насосу, та поверхню, що відображає падіння тиску в лінії, що подає робочу рідину до гідроелеваторів. Лінія перетину цих поверхонь буде являти собою робочу лінію завданої насосно-рукавної системи(по аналогії до робочої точки графіку на площині).

Табл. 1. Розрахунок необхідного напору пожежного насосу

Кількість Г-600А		Розхід у рукавній лінії (Q <sub>рл</sub> ), л/с	Загальна подача насосу (Q <sub>пн</sub> ), л/с	Падіння напору на першій ділянці, м.вод.ст.		Падіння напору на РГ-80(S=0.0031), м	Падіння напору на другій ділянці, м.вод.ст.		Необхідний напор, м.вод.ст.		
Загальна	У лінії			Рукав довжиною 20 м (S=0.015)	Рукав довжиною 4 м (S=0.003)		Рукав довжиною 20 м (S=0.015)	Рукав довжиною 4 м (S=0.003)	Схема рис. 4а	Схема рис. 4б	Схема рис. 4в
1	1	9,2	9,2	1,3	0,3	0,3	5,5	1,1	87	81,6	81,4
	0	-		-	-	-	-	-			
2	1	9,2	18,3	1,3	0,3	0,3	5,5	1,1	87	81,6	81,4
	1	9,2		1,3	0,3	0,3	5,5	1,1			
3	2	18,3	27,5	5,0	1,0	1,0	5,5	1,1	91,6	83,2	82,1
	1	9,2		1,3	0,3	0,3	5,5	1,1			
4	2	18,3	36,7	5,0	1,0	1,0	5,5	1,1	91,6	83,2	82,1
	2	18,3		5,0	1,0	1,0	5,5	1,1			
5	3	27,5	45,8	11,3	2,3	2,3	5,5	1,1	99,2	85,7	83,4
	2	18,3		5,0	1,0	1,0	5,5	1,1			
6	3	27,5	55,0	11,3	2,3	2,3	5,5	1,1	99,2	85,7	83,4
	3	27,5		11,3	2,3	2,3	5,5	1,1			

Завод виробник надає з насосом тільки головну характеристику (1), що відповідає його роботі на частоті 2700 об/хв. Для побудови поверхні у просторі Q-H-p необхідно визначити залежність між подачею насоса та його напором на обертах, що відрізняються від номінальних. При частоті обертання робочого валу насоса, що відрізняється від номінальної, використовуються залежності Зміна частоти обертання відцентрового насоса призводить до змін його параметрів, пов'язаних наступними залежностями (з теорії подібності відцентрових насосів) [9].

$$\frac{Q_{1i}}{Q_{2i}} = \frac{n_1}{n_2}, \quad \frac{H_{1i}}{H_{2i}} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2 \quad (3)$$

Як можна бачити з рис. 5, робота з шістьма гідроелеваторами можлива, однак бажано використовувати короткі (водійські) напірні рукава, а на першій ділянці, по можливості, безпосередньо приєднати розгалуження до напірного патрубку насоса.

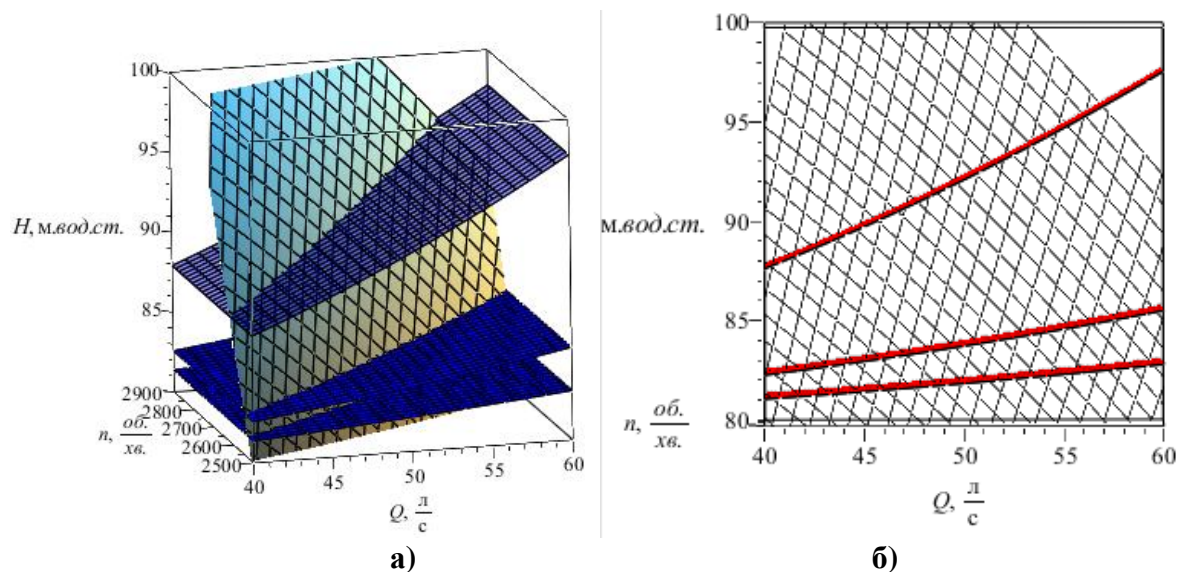


Рис. 5. Робоча лінія насосно-рукавної системи

При забезпеченні номінального напору на вході у гідроелеватор – напір на виході з нього визначається як добуток коефіцієнту підпору на напір робочої рідини (що для Г-600А становить 16 м.вод.ст.), такий напір необхідний для компенсації падіння напору в робочому рукаві (для заданих параметрів 5,4 м.вод.ст.) та на подолання геометричної висоти. Тобто вода може заливатись у ємність висотою до 10 м у межах довжини робочого рукава довжиною 20 м.

**Висновки.** При необхідності перекачування води з великою продуктивністю на відстань до 15 м та на висоту до 19 м з використанням пожежного автомобіля бажано використовувати «відкриту гідроелеваторну схему» на 6 гідроелеваторів. Зазначена схема надає можливість забезпечити подачу до 115 л/с замість 60 л/с (а зазвичай до 40 л/с) з використанням тільки забору води за допомогою всмоктувальної сітки тобто ефективніше на 192%.

При використанні описаної схеми рекомендується використовувати короткі (водійські) рукави, а при можливості приєднати розгалуження до напірного патрубку насоса безпосередньо. При неможливості використання тільки коротких рукавів необхідно використовувати рукави звичайної довжини після розгалуження.

Запропоновані схеми потребують незначного (2-8%) підвищення обертів робочого колеса насоса від номінального значення.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Пожарная техника: Учеб. Для пожарно-технических училищ. В 2 ч. Ч. 2. Пожарные автомобили / А.Ф. Иванов, П.П. Алексеев, М.Д. Безбородько и др.; Под ред. А.Ф. Иванова. – М.: Стройиздат, 1988. – 286с.

2. Пожарно-техническое оборудование: Учеб. для пожарно-технических училищ. В 2 ч. Ч. 1. Пожарно-техническое оборудование [Текст] / А.Ф. Иванов, П.П. Алексеев, М.Д. Безбородько и др.; Под ред. А.Ф. Иванова. – М.: Стройиздат, 1988. – 408с.

3. Руководство по эксплуатации 318-00-00-00 РЭ «АЦ-40(130)63Б».

4. Настанова з експлуатації транспортних засобів в органах та підрозділах ДСНС України [Текст]: наказ ДСНС України №432 від 27.06.2013 року // Урядовий кур'єр. – 2013. – 18 липня. – С. 12.

5. Норми табельної належності, витрат і термінів експлуатації пожежно-рятувального, технологічного і гаражного обладнання, інструменту, інструменту, індивідуального озброєння та спорядження, ремонтно-експлуатаційних матеріалів підрозділів ДСНС України: наказ ДСНС України №358 від 29.05.2013 року // Урядовий кур'єр. – 2013. – С. 6.

6. Експлуатація пожежної та аварійно-рятувальної техніки: навч. посіб. [Текст] / О.М. Ларін, О.М. Семків, М.І. Мисюра, Б.І. Кривошей – Х.: НУЦЗУ, КП «Міськдрук», 2012. – 312с.

7. Пожежна та аварійно-рятувальна техніка. Частина 1. Конструкції базових шасі та матеріали, які використовують при виготовленні пожежної та аварійно-рятувальної техніки: навч. посіб. [Текст] / О.М. Ларін, М.І. Мисюра, Б.І. Кривошей, О.В. Воробйов. – Х.: НУЦЗУ, 2007. – 937с.

8. ПН-40:Техническое описание и инструкция по эксплуатации – Завод противопожарного оборудования г. Прилуки: Министерство строительного дорожного и коммунального машиностроения СССР, 1982. – 115с.

9. Пожежна та аварійно-рятувальна техніка. Частина 2. Основи проектування пожежно-технічних засобів: навч. посіб. [Текст] / О.М. Ларін, Г.О. Чернобай, Ю.М. Сенчихін, Є.М. Гринченко, А.Я. Калиновський. – Х.: НУЦЗУ, 2008. – 572с.

С.В. Васильев, А.А. Ковалёв, В.Г. Баркалов

**Техническое обоснование высокопроизводительной перекачки воды основным пожарный автомобилем**

Обоснована возможность перекачки воды с использованием основного пожарного автомобиля, на примере АЦ-40 (130) 63Б, с производительностью превышающей номинальную в 1,5 - 2 раза. Рассмотрены схемы оперативного развертывания при решении поставленной задачи, а также сформулированы ограничения для предложенных схем.

**Ключевые слова:** перекачка воды, пожарный гидроэлеватор, открытая схема, пожарный автомобиль.

S.V. Vasiliev, A.A. Kovalev, V.G. Barkalov

**Technical rationale for high pumping water primary fire truck**

The possibility of pumping water with the main fire truck, an example of AC-40 (130) 63B, with a nominal productivity exceeding 1.5 - 2 times. The schemes of operational deployment at the decision of the task and formulate restrictions for the proposed schemes.

**Keywords:** pumping water, fire hydraulic jet pump, open circuit, fire truck.