

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

## **ЕНЕРГЕТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВИСОКОПРОДУКТИВНОГО ПЕРЕКАЧУВАННЯ ВОДИ ЗА ДОПОМОГОЮ АЦ-40(130)63Б**

(представлено д.т.н. Ларіним О.М.)

Розраховано максимально можливий надлишковий тиск при використанні відкритої гідроелеваторної схеми високопродуктивного перекачування води з використанням АЦ-40(130)63Б.

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

**Постановка проблеми.** У надзвичайних ситуаціях нерідко виникає потреба в швидкому розгортанні потужних систем перекачування великих об'ємів води. Окрім цього, існує багато сільських населених пунктів та невеликих міст, аварійно-рятувальні підрозділи та комунально-технічні служби яких не мають в своєму розпорядженні потужну техніку для високопродуктивного перекачування води, наприклад ПНС-110(131).

В умовах НС фактор часу стає вирішальним, тому не завжди можливо вчасно залучити до аварійно-рятувальних робіт спеціальну техніку або збільшити кількість одиниць основної техніки, також слід зауважити, що в умовах обмеженого фінансування доцільно застосовувати найменш затратний спосіб для високопродуктивного перекачування води. Проблема в загальному вигляді постає у низькій економічності високопродуктивної техніки (наприклад ПНС-110(131)), та у її малій кількості і великому часі прибуття.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** При організації робіт з високопродуктивного перекачування води використовуються пожежні насосно-рукавні автомобілі (рис. 1 а), мобільні насосні станції (рис. 1 б), різні типи мотопомп та установок (рис. 2). При відносно невеликих об'ємах води, що потребує перекачування, достатньо обладнання, що стоїть у оперативному розрахунку оперативно-рятувальних підрозділів ДСНС України. Основним (найбільш розповсюдженим) автомобілем є АЦ-40(130)63Б, та його аналог підвищеної прохідності АЦ-40(131)137. У номінальному режимі вони дозволяють, за допомогою відцентрового насоса ПН-40 різних модифікацій, перекачувати рідини з продуктивністю 144м<sup>3</sup>/год (40л/с) з глибини 3,5 м [1], та створювати тиск 1 МПа.

**Постановка завдання та його вирішення.** Технічних можливостей з перекачування води за допомогою відцентрового насоса пожежного автомобіля АЦ-40(130)63Б зазвичай недостатньо при вирішенні специфічних задач, таких як ліквідації підтоплень, аварій на гідропоруках, швидкого наповнення або спорожнення резервуарів та ін. [2]. Таким чином неможливо забрати воду з глибини більшої ніж 7,5 м, з відстані більшої

за 7-11 м, та при глибині водойму менше 0,45 м. Для вирішення оперативного завдання в зазначених умовах основний пожежний автомобіль комплектується струминним насосом (гідроелеватор Г-600А), що працює разом з основним насосом пожежного автомобіля, та має номінальну продуктивність  $36\text{ м}^3/\text{год}$  (10л/с). Відомі схеми розгортання зазначених автомобілів [1] з використанням 2-х гідроелеваторів на пожежний автомобіль. Теоретичні основи та результати досліджень з перекачування великих обсягів води були розглянуті в роботі [3], однак енергетичне обґрунтування достатності потужності двигуна базового шасі з урахуванням конструкції додаткової трансмісії викликало сумнів.



а)



б)

Рис. 1. Пожежна техніка для перекачування води: а) АНР 40-800(43253); б) АНС-1200 (43118)-339



а)



б)

Рис. 2. Комунальна техніка для перекачування води: а) Мотопомпа «Varisco»; б) Установка БЛ-220

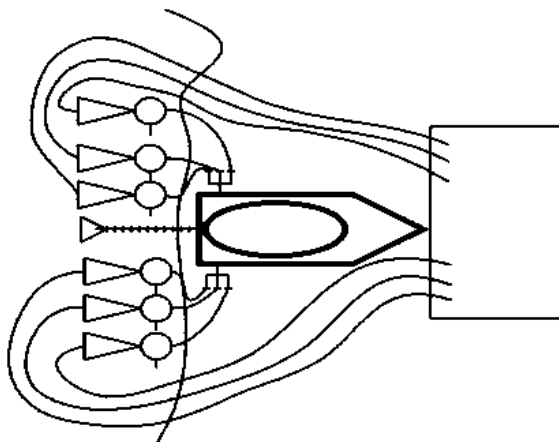
Метою цієї статті є визначення енергетичного балансу схеми «двигун-насос-рукавна система» та виявлення запасу потужності для розширення сфери застосування протипожежної техніки.

У публікації [3] було зазначено, що для перекачування води з продуктивністю 115 л/с (рис. 3) необхідно збільшити оберти робочого колеса насоса на 8% від номінального значення. Однак враховуючи достатньо складні залежності між показниками відцентрового насоса [4], та нелінійний розподіл потужності двигуна внутрішнього згоряння [5], потребує уточнення можливість роботи зазначеної схеми у номінальному режимі.

У інструкції по експлуатації зазначені тактико-технічні характеристики (ТТХ) насоса. Зокрема подача, напір, коефіцієнт корисної дії (ККД) тощо. Однак наведені значення відповідають номінальному режиму роботи. Тобто аналітична залежність (1) відповідає номінальній частоті робочого колеса 2700 обертів за хвилину; ККД – 0,62 – подачі – 40 л/с та напору – 100 м. водного стовпа

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

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



**Рис. 3. Високопродуктивна схема перекачування води**

Таким чином розрахувати потужність, що споживає насос за виразом (2) при зміні частоти обертів – неможливо внаслідок невизначеності ККД

$$N = \frac{\rho g Q H}{1000 \eta}, \quad (2)$$

де  $\rho$  – щільність рідини, кг/м<sup>3</sup>,  $g$  – прискорення вільного падіння;  $Q$  – подача насосу, м<sup>3</sup>/с;  $\eta$  – ККД.

З теорії відцентрових насосів [4] відомі співвідношення:

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

де  $n$  – частота обертання робочого колеса, об./хв.;  $N$  – потужність, що споживає насос, Вт.

Використовуючи співвідношення (3) до залежності (1) можливо побудувати гіперлінію роботи відцентрового насосу в чотиримірному просторі  $NQHn$ . Однак досліджувати роботу насосу за допомогою чотиримірної гіперлінії доволі складно. Тому пропонується проводити розрахунки спроецювавши цю гіперлінію у тривимірні поверхні просторів  $NQn$  та  $HQn$ .

Проекція гіперлінії у поверхню простору  $NQn$  наведено на рис. 4а. Зазначена на рис. 3 схема працює у номінальному режимі при підведенні до неї рідини з продуктивністю 55 л/с. Побудувавши лінію перетину поверхні рис. 4а площиною рівня  $Nn$  ( $Q = 55$  л/с) отримаємо залежність потужності, що споживається відцентровим насосом від частоти обертів його робочого колеса при фіксованій продуктивності (рис. 4б).

Потужність, що розвиває двигун базового шасі АЦ-40(130)63Б (ЗИЛ-130) у номінальному режимі складає 110,3 кВт (150 к.с.), однак розподіл цієї потужності неоднаковий. Для побудови зовнішньої швидкісної характе-

ристики [6] пропонується використовувати залежність Лейдермана (4) рис. 5. Отримане значення ефективної потужності двигуна у відповідності до частоти обертів його колінчатого валу нас не влаштовує. Для коректного зіставлення потужності, що споживається насосом та виробляється двигуном базового шасі побудуємо приведенний графік потужності з урахуванням передаточного відношенням КВП (КОМ-68Б) – 1,175 (рис. 6)

$$N = N^{\max} \left( a \frac{n}{n_N} + b \left( \frac{n}{n_N} \right)^2 - c \left( \frac{n}{n_N} \right)^3 \right), \quad (4)$$

де  $n_N$  – частота обертання колінчатого валу двигуна при максимальній потужності  $N^{\max}$ ;  $a = b = c$  – емпіричні коефіцієнти.

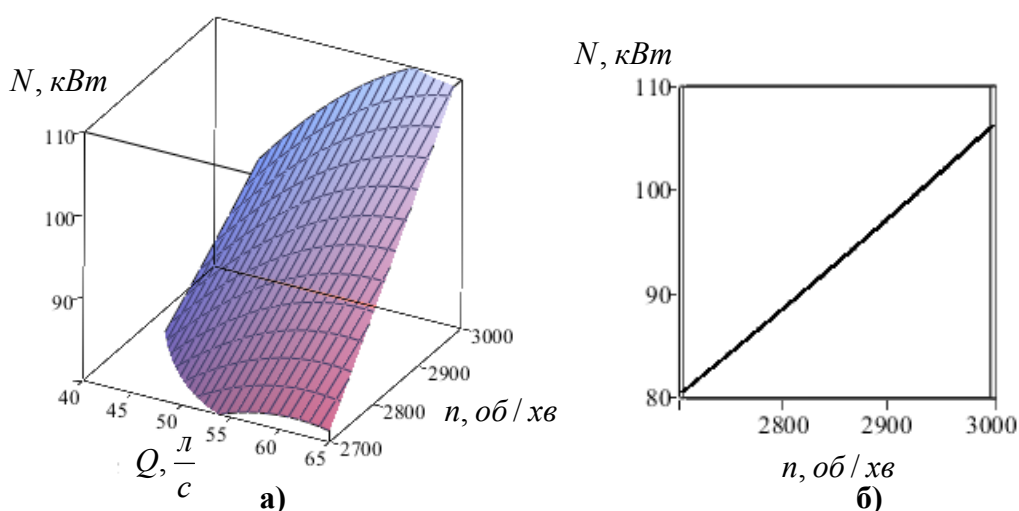


Рис. 4. Потужність, що споживає насос ПН-40УВ з урахуванням втрат у трансмісії

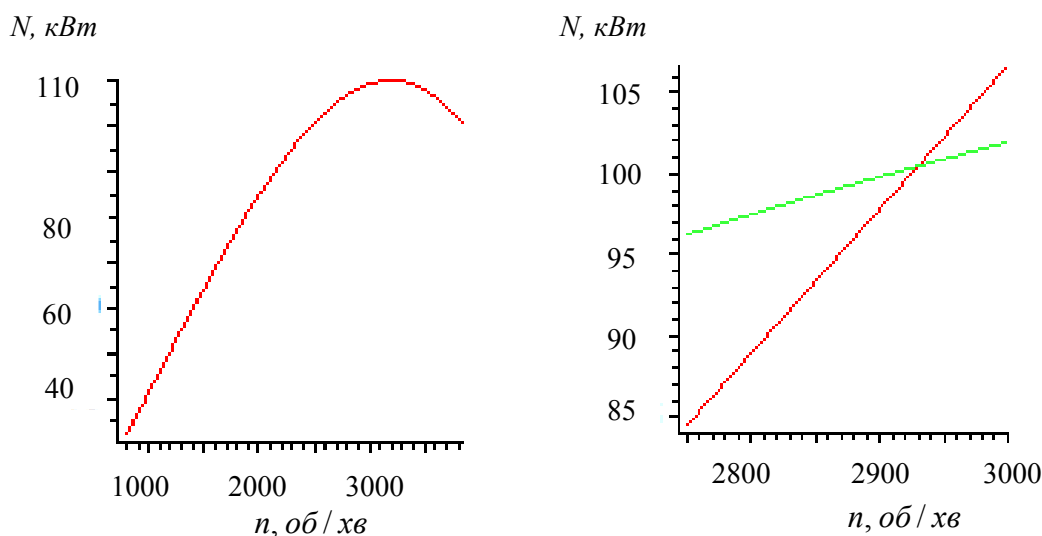


Рис. 5. Зовнішня швидкісна характеристика двигуна ЗИЛ-130

Рис. 6. Характеристика потужності відцентрового насоса заданої схеми суміщена за обертами з приведеною швидкісною характеристикою двигуна

З рис. 6 можливо побачити, що при завданій подачі насосу 55 л/с потужність, що споживає насос (з урахуванням втрат у трансмісії) досягне значення потужності, що виробляється двигуном базового шасі при 2925 об./хв. робочого колеса насосу. При цьому колінчатий вал двигуна буде мати частоту близьку ко 2500 об./хв. та розвивати потужність близьку до 100,5 кВт.

Виконаємо проєкціювання гіперлінії на простір  $HQn$  (рис. 7). Побудувавши лінію рівня  $Hn$  ( $Q = 55$  л/хв.) отримаємо залежність напору, що створює насос від частоти обертів його робочого колеса, за умови сталої подачі 55 л/хв. (рис. 8). На практиці це дозволить визначити надлишковий тиск на виході з вихідних патрубків гідроелеваторів з забезпеченням їх номінальної роботи. Тобто той запас тиску, що дозволить підняти воду або подати її на більшу відстань.

Визначивши максимально можливі оберти з якими двигун базового шасі може приводити у дію відцентровий насос можливо отримати теоретичний надлишок тиску, або визначитись с запасом потужності двигуна. Так на рис. 8 значення обертів робочого колеса відцентрового насосу обмежено значенням 2925 – що відповідає критичному значенню отриманому з рис. 6 та визначає максимальний тиск на насосі 94 м водного стовпа. У роботі [3] вказувалося, що зазначена схема працює у номінальному режимі при тиску 83,5 м.вод.ст. і має робочий надлишок 16 м.вод.ст. таким чином можливо отримати рідину з надлишковим тиском 26 м.вод.ст. Враховуючи опір одного пожежного прогумованого рукава ( $S_p=0,015$ ) та визначену номінальним режимом продуктивність гідроелеватора (19 л/с) зазначу, що такого надлишкового тиску вистачить для подолання 5 стандартних рукавів – тобто дозволить подати воду до 100 м без підйому по висоті.

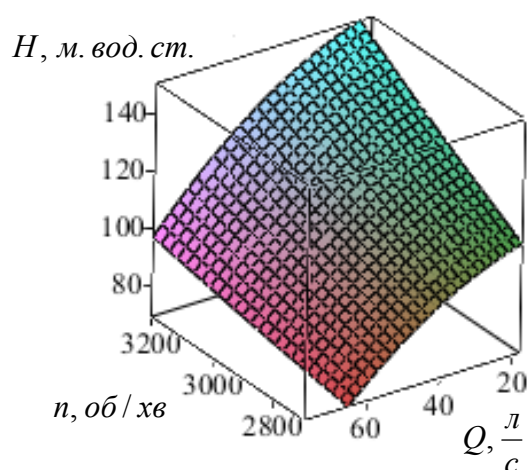


Рис. 7. Залежність між напором, подачею та обертами робочого колеса відцентрового насосу

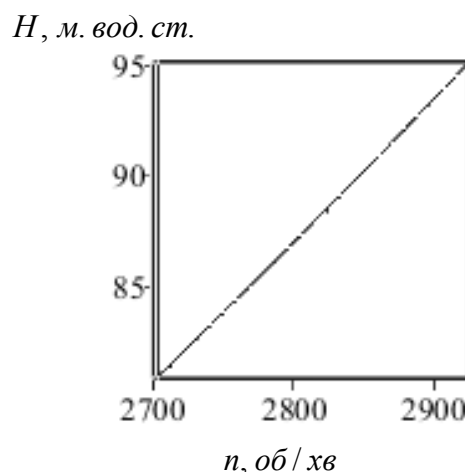


Рис. 8. Залежність між напором та обертами робочого колеса відцентрового насосу при сталій подачі

**Висновки.** Проведений аналіз енергетичного балансу пожежного автомобіля при використанні схеми високопродуктивного перекачування води встановив теоретичну можливість роботи за цією схемою з точ-

ки зору достатності потужності двигуна базового шасі. Встановлено наявність деякого запасу потужності повністю справного автомобіля для забезпечення подачі води на відстань до 100 м. Однак реальна експлуатація автомобіля в таких умовах не рекомендується. Навантаження на двигун доволі значні, запас потужності відсутен. Робота насосу з мінімально необхідним тиском в 84 м.вод.ст. забезпечує 15 % запасу потужності двигуна базового шасі.

## ЛІТЕРАТУРА

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

2. Калиновський А.Я. Оцінка параметру інтенсивності потоку викликів, коли виникає ймовірність відсутності вільних пожежно-рятувальних автомобілів для їх обслуговування в державних пожежно-рятувальних підрозділах м. Харкова / А.Я. Калиновський, С.В. Говаленков, Р.І. Коваленко // Проблемы пожарной безопасности. – 2016. – №.40. – С. 94-98. Режим доступу: <http://nuczu.edu.ua/sciencearchive/ProblemsOfFireSafety/vol40/kalinovskiy.pdf>.

3. Васильєв С.В. Технічне обґрунтування високопродуктивного перекачування води основним пожежним автомобілем / С.В. Васильєв, О.О. Ковальов, В.Г. Баркалов // Проблемы пожарной безопасности. – 2016. – №. 39. – С. 56-62. Режим доступу: <http://nuczu.edu.ua/sciencearchive/ProblemsOfFireSafety/vol39/Vasiliev.pdf>.

4. Гидродинамика и прочность центробежных насосов / В.А. Марцинковский. – М. : Машиностроение, 1970. – 272с.

5. Автомобильные и тракторные двигатели / [И.М. Ленин, К.Г. Попык] – М. : Высшая школа, 1969. – 368 с.

6. Расчет автомобильных и тракторных двигателей: учеб. пособие для вузов / [А.И. Колчин, В.П. Демидов] – М.: Высшая школа, 2003. – 496с.

*Отримано редколегією 15.03.2017*

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

**Энергетическое обоснование высокопроизводительной перекачки воды с помощью АЦ-40 (130) 63Б**

Рассчитано максимально возможное избыточное давление при использовании открытой гидроэлеваторной схемы высокопроизводительного перекачивания воды с использованием АЦ-40 (130) 63Б.

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

S. Vasil'ev, A. Kovalev, V. Barkalov

**Energy justification for high-performance water pumping using АЦ-40 (130) 63Б**

Calculated maximum possible overpressure when using an open hydroelevator circuit high-performance water pumping using АЦ-40 (130) 63Б.

**Keywords:** pumping water, fire hydraulics, open scheme, fire truck, power.