

## «ВОДОПОДЪЕМНИК–ЭРЛИФТ». НОВАЯ КОНСТРУКЦИЯ И ПРЕИМУЩЕСТВА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Арсирый В.А., Голубова Д.А., Олексова Е.А., Лозиенко К.П., Вансович О.С. (Одесская государственная академия строительства и архитектуры, г. Одесса)

Предложено использование эрлифта вместо осевых насосов на станции биологической очистки. Представлены формулы для расчета эффективности эрлифта. Новая конструкция эрлифта имеет КПД > 70% за счет снижения гидравлических сопротивлений, что подтверждается ТЭО.

### Существующее положение

На станциях биологической очистки сточных вод (СБО) крупных городов основные затраты электроэнергии связаны с работой нагнетателей:

- центробежных вентиляторов – воздуходувок, обеспечивающих аэрацию сточных вод: (60 – 70)% затрат электроэнергии на СБО,
- насосов осевых и центробежных, перекачивающих циркуляционный и избыточный ил: (25 – 30) % затрат электроэнергии на СБО.

Осевой насос обеспечивает транспортирование большого количества жидкости и подъем на высоту не более 2 – 5 метров. Использование в технологических процессах СБО воздуходувок делает целесообразным использование «водоподъемника – эрлифта» вместо осевых насосов. Эрлифт имеет ряд существенных преимуществ:

- эрлифт дешевле осевых насосов;
- отсутствие движущих частей обеспечивает надежность и длительную работу эрлифта без обслуживания и ремонта, то есть существенно снижает эксплуатационные затраты;
- простота регулирования обеспечит высокую экономичность в широком диапазоне производительности.

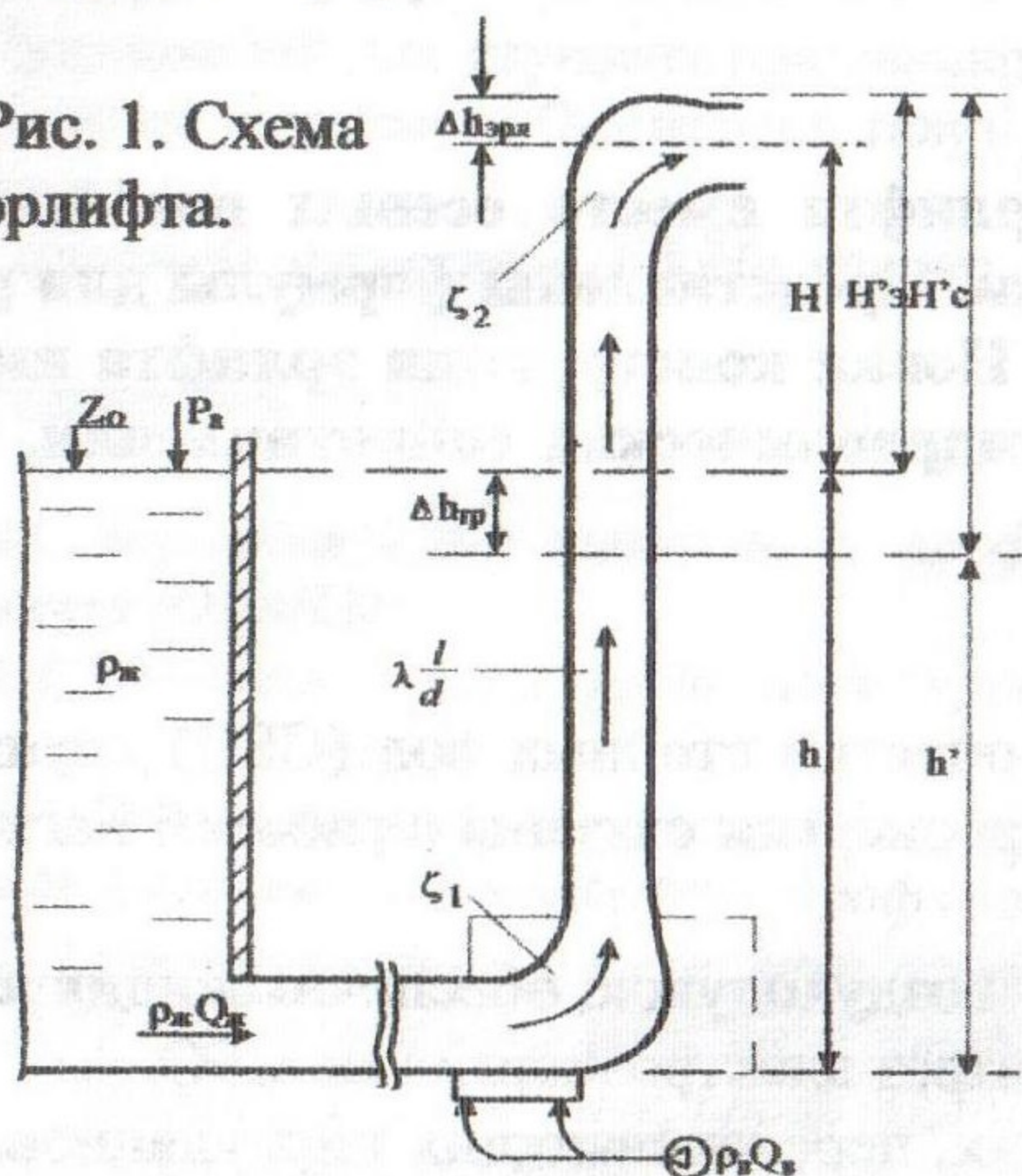
В случае замены осевых насосов на эрлифт на СБО останутся только воздуходувки, которые требуют специального обслуживания и ремонта.

Однако, несмотря на перечисленные преимущества, эрлифты до сих пор использовались редко из-за низкой эффективности традиционных конструкций – КПД  $\leq 38\%$  [1].

**Предлагаемая конструкция эрлифта с высокой эффективностью**

В ОГАСА разработана новая конструкция эрлифта, коэффициент полезного действия которого более 70%. Эрлифт простое гидравлическое устройство (рис.1), в котором подъем жидкости с плотностью  $\rho_{ж} = 800 \div 1000 \text{ кг/м}^3$  на высоту  $H$  осуществляется за счет подачи воздуха с плотностью  $\rho_{в} = 1,0 \div 1,3 \text{ кг/м}^3$  через воздухораспределительную форсунку, расположенную в нижней части воздухоподъемной трубы на глубине  $h$  [2].

Рис. 1. Схема эрлифта.

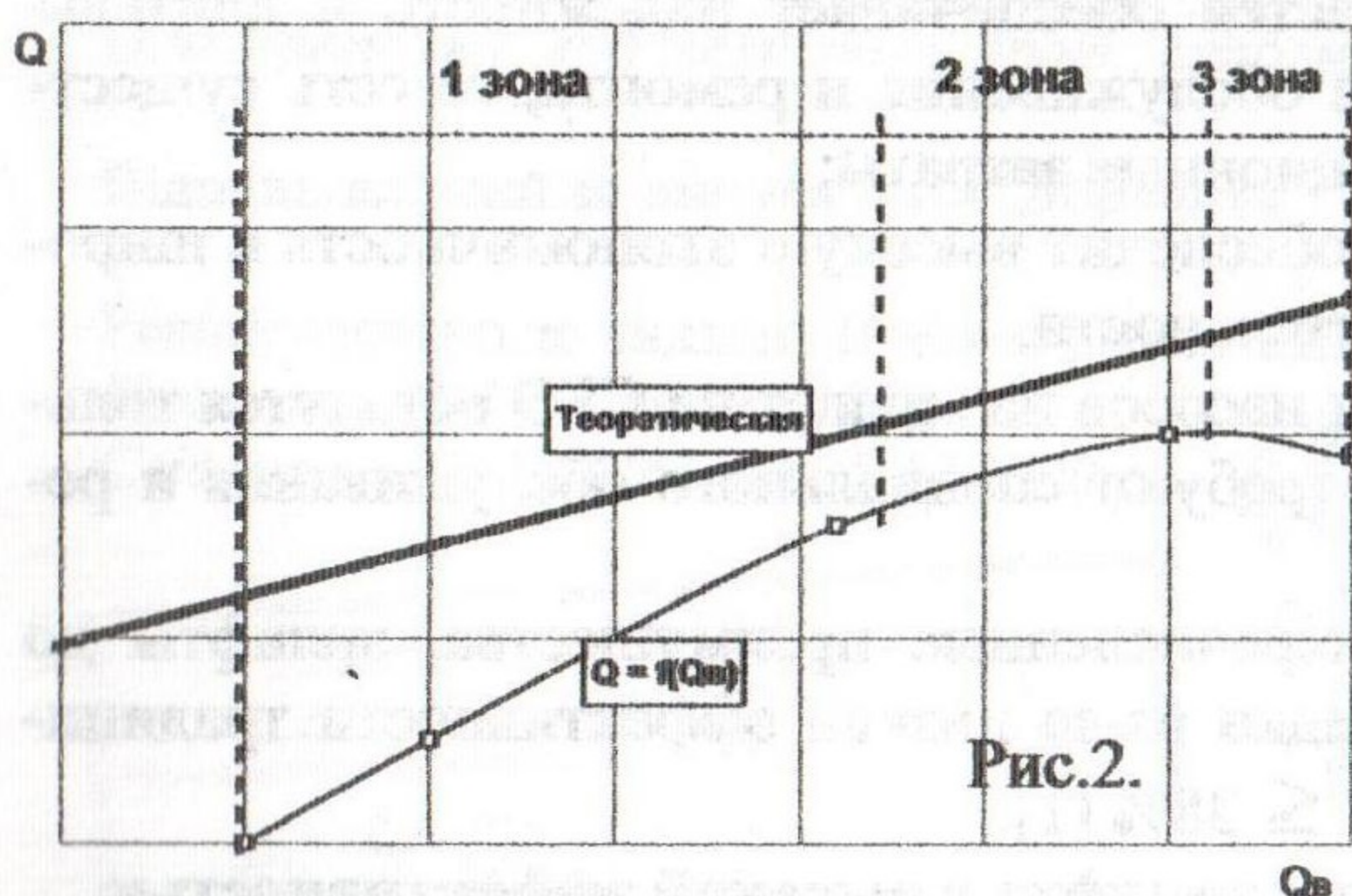


При определении геометрических размеров эрлифта и проектировании гидравлической системы транспортирования необходимо учитывать специфические особенности эрлифта, так как традиционные подходы, используемые для осевых насосов непригодны.

Регулирование производительности эрлифта обеспечивается за счет изменения расхода воздуха через воздухораспределительную форсунку. Используя гидравлические уравнения можно рассчитать

теоретическую (идеальную) зависимость необходимого количества подаваемого воздуха  $Q_{в}^{теор}$  для обеспечения заданной производительности эрлифта  $Q$  – расхода перекачиваемой жидкости (рис.2):

$$Q_{в}^{теор} = \frac{QH}{10 \ln(0,1h + 1)} \quad (1)$$



Эксперименты показали, что экономичная и устойчивая работа эрлифта возможна в ограниченном диапазоне расхода воздуха через форсунку  $Q_{в}^{реал}$ , когда воздух обеспечивает только снижение плотности водовоздушной смеси (рис.2, зона1). По-

этому увеличение расхода воздуха имеет свой предел, после которого начинается непропорциональное увеличение количества воздуха  $Q_в$  по отношению к увеличению перекачиваемой жидкости  $Q_ж$ , что резко снижает эффективность эрлифта. Во второй и третьей зоне работа эрлифта неэффективна из-за транзитного движения воздуха.

Эрлифт простое и абсолютно надежное устройство без вращающихся частей. Конструкция состоит из водоподъемной трубы с двумя поворотами и воздухораспределительной форсунки, поэтому общая эффективность эрлифта  $\eta_{общ}$  определяется двумя показателями: гидравлической эффективностью проточной части —  $\eta_2$  и эффективностью воздухораспределения —  $\eta_{общ} = f(\eta_2, \eta_в)$ .

### Гидравлическая эффективность эрлифта

Гидравлическая эффективность эрлифта  $\eta_{гэ}$  может быть представлена величиной, показывающей отношение реальной скорости  $V_p = \varphi \sqrt{2gH'_3}$ , с учетом всех гидравлических сопротивлений ( $\lambda, \zeta$ ), к теоретически предельной скорости  $V_T = \sqrt{2gH'_3}$ , когда величины коэффициентов гидравлических сопротивлений равны нулю.

$$\eta_{гэ} = \frac{V_p}{\sqrt{2gH'_3}} = \frac{l}{\sqrt{l + \lambda \frac{l}{d} + \sum \zeta_i}} = \sqrt{\frac{H}{H'_3}} \quad (2)$$

Гидравлическая эффективность традиционного эрлифта с поворотами, определенными по гидравлическим справочникам ( $\zeta_1 = 1,6; \zeta_2 = 2,4$ ), рассчитанная по формуле (2), равна  $\eta_{гэ} = 0,44$ . В конструкции эрлифта, разработанной в ОГАСА, с поворотами оптимальной формы ( $\zeta \leq 0,1$ ) можно обеспечить гидравлическую эффективность эрлифта не ниже  $\eta_2 = 0,8$ .

Для проектирования оптимального гидравлического тракта нами предложена методика оптимизации по величине гидравлической эффективности системы в целом, где учтены не только гидравлические сопротивления эрлифта, но и гидравлические сопротивления всех элементов системы транспортирования ила. Формула для расчета общей гидравлической эффективности системы имеет вид:

$$\eta_{гсист} = \sqrt{\frac{H}{H'_{сист}}} \quad (3)$$

### Эффективность воздухораспределения в эрлифте

Вторым фактором, определяющим производительность и экономичность эрлифта, является подача воздуха через воздухораспределительную форсунку. Качество и равномерность распределения воздуха в водоподъемной трубе определяет эффективность воздухораспределения  $\eta_v$ . Измеренные параметры реального расхода воздуха  $Q_v^{real}$ , также реального расхода перекачиваемой жидкости  $Q_{ж}$  позволяют рассчитать общую эффективность эрлифта  $\eta_{общ} = Q_v^{теор} / Q_v^{real}$ .

Общую эффективность можно рассчитать по формуле обобщенной эффективности, которая имеет вид

$$\frac{1}{\eta_{общ}^2} = \frac{1}{\eta_v^2} + \left( \frac{1}{\eta_z^2} - 1 \right) \quad (4)$$

Тогда эффективность, характеризующую качество воздухораспределения  $\eta_v$ , можно определить из выражения:

$$\frac{1}{\eta_v^2} = \left( \frac{Q_v^{real}}{Q_v^{теор}} \right)^2 - \left( \frac{1}{\eta_z^2} - 1 \right) \quad (5)$$

В Украине осевые насосы не выпускаются, а покупать осевые насосы за рубежом для водоканалов Украины дорого. Кроме того, осевые насосы требуют обслуживания и ремонта. Для регулирования производительности насосов используются дорогостоящие устройства.

### ТЭО использования эрлифта вместо осевых насосов.

В качестве технико-экономического обоснования целесообразности использования эрлифта вместо осевых насосов в системе транспортирования циркуляционного и избыточного активного ила на СБО приводим результаты, полученные в ходе дипломного проектирования [3].

Для обеспечения работы СБО производительностью  $80000 \text{ м}^3/\text{сут}$  ( $3400 \text{ м}^3/\text{час}$ ) необходим расход воздуха на аэрацию  $Q_{аз} = 34000 \text{ м}^3/\text{час}$  (при удельном расходе воздуха  $q = 10 \text{ м}^3 \text{ возд}/\text{м}^3 \text{ ст.вод}$ ). Для аэрации на СБО установлены: 4 рабочих и 2 резервные воздуходувки марки ТВ-175-1,6 ( $Q = 10000 \text{ м}^3/\text{час}$ ,  $p = 1,63 \text{ атм}$ ,  $n = 2970 \text{ об/мин}$ ,  $N = 260 \text{ кВт}$ ,  $\eta = 69\%$ ).

В системе транспортирования циркуляционного ила ( $Q = 1700 \text{ м}^3/\text{час}$ ) традиционно используются осевые насосы марки О5-28 (1 рабочий и 2 резервных):  $Q = 1600 \text{ м}^3/\text{час}$ ,  $H = 4,2 \text{ м}$ ,  $n = 730$

об/мин,  $N=21,8$  кВт,  $\eta=80\%$ , а для удаления избыточного ила ( $Q=154$  м<sup>3</sup>/час) используются центробежные насосы марки Ф-180-23 (1 рабочий и 1 резервный):  $Q=180$  м<sup>3</sup>/час,  $H=23$  м,  $n=1450$  об/мин,  $N=19,9$  кВт,  $\eta=56\%$ .

При работе эрлифта расход воздуха с учетом потерь напора в подводящем тракте рассчитанный по формуле (1) с учетом КПД эрлифта, равен  $1690$  м<sup>3</sup>, где  $\eta=0,7$  – КПД эрлифта с оптимизированной проточной частью;  $Q = Q_{\text{цирк}} + Q_{\text{изб}} = Q/2 + Q_{\text{изб}} = 1900$  м<sup>3</sup>/час.

Так как на СБО приняты 4 рабочие воздуходувки, производительностью  $10000$  м<sup>3</sup>/час (общий расход воздуха  $40000$  м<sup>3</sup>/час), а необходимый расход воздуха на аэрацию  $Q_a=34000$  м<sup>3</sup>/час, то использование эрлифта для транспортирования циркуляционного и избыточного ила не увеличит количество рабочих воздуходувок.

В качестве обоснования эффективности предлагаемой схемы приведен расчет себестоимости перекачки иловой смеси на СБО:

1. Затраты с использованием осевых насосов:

- затраты на электроэнергию для рециркуляции ила – 62100 грн/год
  - зарплата обслуживающего персонала (4 чел)– 16800 грн/год
  - капитальный ремонт (20% от строительной стоимости) 1 раз в 2 года – 281 тыс.грн : 2 = 140 тыс. грн/год
  - прочие расходы (10% от зарплаты и кап. ремонта) – 15680 грн/год
- Итого в год: 234580 грн/год. Себестоимость перекачки  $1$  м<sup>3</sup> циркуляционного и избыточного ила ( $1900 \times 365 = 693500$  м<sup>3</sup>/год) – 0,34 грн

2. Затраты с использованием эрлифта:

- затраты электроэнергии при работе 1/6 воздуходувки – 65525 грн/год
  - прочие расходы – 10000 грн/год
- Итого в год: 75525 грн/год. Себестоимость перекачки  $1$  м<sup>3</sup> циркуляционного и избыточного ила ( $1900 \times 365 = 693500$  м<sup>3</sup>/год) – 0,11 грн

Проектирование СБО с воздуходувками как основными потребителями электроэнергии и высокоэффективным эрлифтом вместо осевых насосов снизит себестоимость перекачки  $1$  м<sup>3</sup> циркуляционного и избыточного ила в 3 раза.

1. Суреньянц Я.С. Эрлифты. - М., Л.: Гос. изд-во строит. лит., 1940. - 85 с.
2. Олексова Е.А. Новый подход к проектированию системы возврата активного ила на станции биологической очистки с использованием эрлифта // ОДАБА. Вісн. - Одеса: Астропринт, 2002. - Вип. 6. - С. 191-195.
3. Лозиенко К. Дипломный проект на тему «Водоотведение и очистка сточных вод города с реконструкцией иловой насосной станции», Одесса, 2003.