

УДК 628.1:62/311

Р.Н. ВОСТРОВА, Е.А. ГЛИНСКАЯ, Р.Е. НОЗИК

**АНАЛИЗ СТОИМОСТИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ОБОРУДОВАНИЯ  
В СИСТЕМАХ ВОДОСНАБЖЕНИЯ – ИНСТРУМЕНТ ПОВЫШЕНИЯ  
ИХ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ**

*УО «Белорусский государственный университет транспорта»,  
г. Гомель, Республика Беларусь  
[vostrova@tut.by](mailto:vostrova@tut.by)*

*Анализ стоимости жизненного цикла как для новых систем, так и для модернизируемых, требует оценки альтернативных вариантов, является инструментом, позволяющим снизить величину экономических затрат, повысить энергоэффективность насосного оборудования, а также способствовать сохранению природных не возобновляемых ресурсов.*

В настоящее время используется традиционный подход при выборе оборудования, при котором решаются задачи гидравлического расчета насосных систем с заданными параметрами без оптимизации проектов, проводится технологический анализ насосных систем, после чего производятся калькуляционные расчеты. Затем определяются размеры трубопроводов, запорно-регулирующей арматуры и т. д., после чего производится подбор насосов.

Для большинства оборудования, стоимость энергии и эксплуатационные расходы в течение жизни превосходят остальные составляющие стоимости, поэтому важно точно определить стоимость потребленной электроэнергии, ожидаемый ежегодный рост цен на энергию в течение оцениваемого периода, наряду с ожидаемой стоимостью технического обслуживания и материалов.

Технический анализ обычно производится для исследования режимов работы насосной системы и крайне редко делается сравнение стоимостных показателей, также не производится анализ особенностей эксплуатационных режимов работы насосных систем, поэтому большинство насосных систем запроектировано и приобретено по принципу минимизации стоимости. При этом многими доминирующими составляющими стоимости (затратами энергии и техобслуживания) пренебрегают.

Количество потребляемой оборудованием энергии и материалов, используемых системой, зависят от вида оборудования, способа установки и условий эксплуатации системы. Эти факторы взаимосвязаны. Более того, они должны быть тщательно подобраны друг к другу, обеспечивая в течение своей работы наименьшее потребление энергии и наименьшие эксплуатационные затраты.

Первоначальная цена приобретения является малой частью стоимости жизненного цикла для широко применяемых насосов. Насосное оборудование, как правило, имеют срок использования от 15 до 20 лет. Некоторые затраты имеют место в самом начале эксплуатации, другие появляются в различное время эксплуатации, поэтому необходимо определить текущую или дисконтированную стоимость стоимости жизненного цикла, чтобы точно оценить различные варианты.

Анализ связан с оценками, которые характеризуют элементы системы, а именно – сравнение различных видов насосов, средств контроля и управления. Часто расходы по эксплуатации оборудования от 2 до 20 раз превышают расходы на приобретение. Первые очевидные расходы обычно является наименьшей суммой денег, которая будет затрачена на протяжении жизненного цикла по сравнению с расходами на содержание, которые не так очевидны.

Необходимо также учитывать эксплуатационные затраты, или стоимость запасных частей и принадлежностей, которые поставляются при покупке оборудования. Немаловажно определиться с технологической схемой насосной системы. Чем меньше диаметр труб, тем меньше их стоимость, а также стоимость строительства и монтажа. Однако, меньшие диаметры требуют более мощных насосов, что приводит к более высоким инвестициям на их приобретение. Следует оценивать качество оборудования относительно материалов с различными характеристиками износостойкости или других характеристик, которые увеличивают срок службы насоса. Это может сказаться на более высоких первоначальных затратах, но снизит стоимость жизненного цикла [2].

Жизненный цикл включает в себя время от начала эксплуатации до утилизации системы.

Расчет стоимости жизненного цикла LCC производится по формуле [1]

$$LCC = C_{ic} + C_{in} + C_e + C_o + C_m + C_s + C_{env} + C_d , \quad (1)$$

где  $C_{ic}$  – первоначальная стоимость, стоимость приобретения (насос, система, трубы),  
 $C_{in}$  – стоимость установки и комиссионные затраты (включая обучение),

$C_e$  – затраты на электроэнергию (ожидаемые расходы на управление системой, включая электродвигатель, средства автоматизации, все вспомогательные услуги),

$C_o$  – операционные расходы (стоимость труда по поддержанию системы в нормальном состоянии),

$C_m$  – эксплуатационные расходы и стоимость ремонта (текущий и предупредительный ремонт),

$C_s$  – стоимость простоя (потери производства),

$C_{env}$  – экологические расходы (утилизация осадков),

$C_d$  – стоимость утилизации (включая охрану окружающей среды). Необходимо исследовать каждый элемент необходимый для расчета  $LCC$ .

К первоначальным инвестициям ( $C_{ic}$ ) относятся:

- разработка (т.е. проектирование и разработка чертежей, задачи регулирования),
- определение цены,
- покупка,
- тестирование и исследование,
- комплектация запасными частями,
- обучение персонала.
- Затраты на установку и комиссионные ( $C_{in}$ ) включают:
  - проект, подготовительные работы,
  - бетонирование, усиление и т. д., установка оборудования на фундамент, подсоединение труб, подсоединение электропроводки и аппаратуры, подсоединение вспомогательных систем и устройств, обеспечение промывки, запуск.

Потребление электроэнергии является, как правило, самой большой составляющей в составе  $LCC$ , особенно если насос используется более 2000 часов в год. Для определения затрат на энергию ( $C_e$ ) необходимо определить ее потребление  $P$ :

$$P = \frac{Q \times H \times s.g.}{366 \times \eta_p \times \eta_m} \text{ [кВт]}, \quad (2)$$

где  $P$  – электроэнергия;

$Q$  – подача, м<sup>3</sup>/час

$H$  – напор, м;

$\eta_p$  – КПД насоса;

$\eta_m$  – КПД двигателя;

$s.g.$  – удельный вес жидкости, Н/м<sup>3</sup>.

Операционные расходы ( $C_o$ ) – это стоимость труда, связанного с эксплуатацией оборудования контроль оператора за вибрацией, температурным режимом, допустимым шумом, потреблением электроэнергии, напором, давлением.

$C_m$  – затраты на эксплуатацию и ремонт определяются производителем оборудования, который сообщает пользователю частоту проведения мероприятий по обслуживанию и их порядок. Затраты зависят от времени и частоты проведения обслуживания и стоимости материалов. Эти затраты могут быть минимизированы планированием мероприятий на период ежегодно проводимой профилактики. Общая стоимость типового обслуживания определяется умножением стоимости одного обслуживания на количество ожидаемых в течение жизненного цикла оборудования.

Производитель оборудования может определить и указать средние сроки между поломками оборудования, которые выведут из строя насос или снизят ожидаемый срок жизни по сравнению с проектным сроком. Эти данные могут быть результатом последнего опыта или проведенного теоретического анализа. Практические данные предпочтительнее теоретических, полученных от поставщика оборудования. Стоимость

каждого отдельного случая и общая величина затрат на непредвиденные поломки может быть определена также как стоимость эксплуатационных расходов.

Затраты на стоимость простоя и потерь производства ( $C_s$ ) затраты связаны с внезапными поломками. В этих случаях для снижения риска устанавливают резервный насос. Это увеличит первоначальные затраты, но стоимость внепланового обслуживания будет включать только ремонт.

Затраты на экологические расходы ( $C_{env}$ ) включают стоимость утилизации отходов (осадков) и зависят от качества перекачиваемой воды. Определенные мероприятия могут значительно снизить количество загрязнителей, но это влечет большие инвестиционные затраты. Сюда должны также включаться затраты по проведению экологических проверок.

$C_d$  – стоимость утилизации оборудования изменяется незначительно. Возможны варианты, когда договоренность об утилизации является составной частью договора на обслуживание.

Схема структуры *LCC* начинается с определения стоимости приобретения и стоимости эксплуатации этого приобретения в течение его жизни. При этом производится сравнение нескольких вариантов оборудования.

В настоящее время существует потребность в создании информационных оптимизационных технологий, которые с помощью компьютера автоматизировали бы процесс выбора насосных систем с минимальной стоимостью и потреблением электроэнергии, в связи с этим анализ стоимости жизненного цикла является уникальным методом оценки эффективности насосных систем. *GRUNDFOS* создал пакет автоматизированного подбора насосного оборудования – *WinCAPS*.

Пример оценки стоимости жизненного цикла трех насосных систем приведен на рисунках 1, 2 [3].

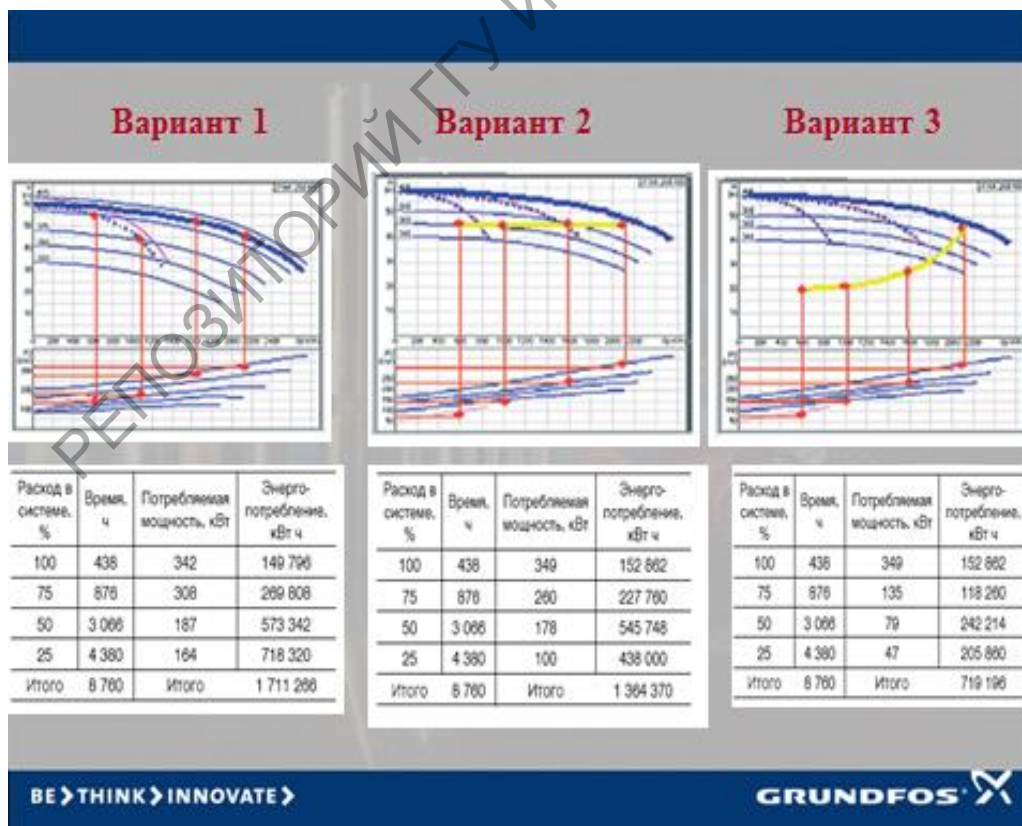
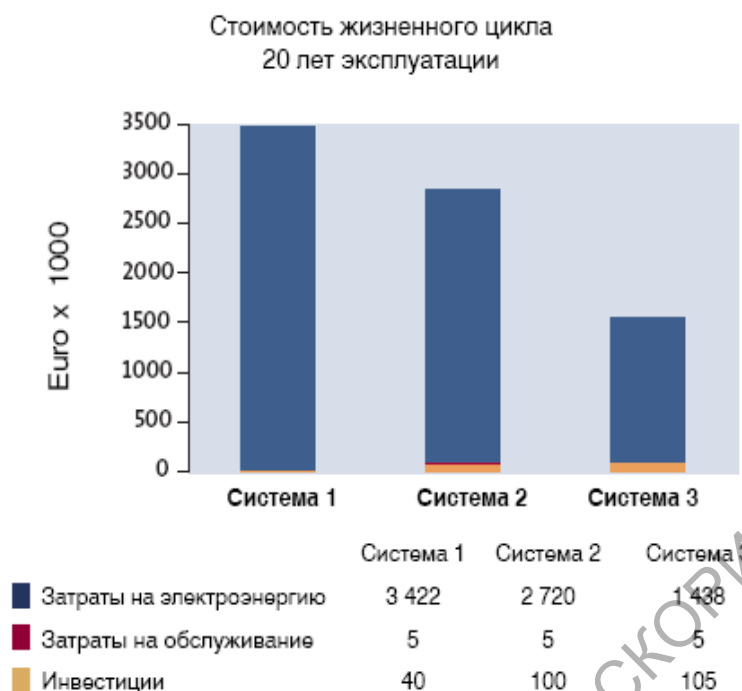


Рисунок 1 – Результаты сравнения энергопотребления насосных установок



**Рисунок 2 – Стоимость жизненного цикла**

Использование методики определения стоимости жизненного цикла для сравнения выбираемых систем позволяет найти наиболее экономичное решение для существующих исходных данных.

### Список литературы

- 1 Pump Life Cycle Costs: A Guide to LCC Analysis for Pumping Systems. Executive Summary. Office of Industrial Technologies U.S. Department of Energy, Hydraulic Institute, Europump, 2006 г.
- 2 Гуринович, А.Г. Применение методик LCC для оценки эффективности инвестиционных проектов / А.Г. гуринович. – Водоснабжение и санитарная техника. – № 9. – 2016.
- 3 GRUNDFOS. FLOW THINKING. Теория. 6. Полезные сведения. Основные теоретические сведения о насосах. Стоимость жизненного цикла.

*R.N. VOSTROVA, E.A. GLINSKAYA, R.E. NOZIK*

### ***THE ANALYSIS OF COST OF LIFE CYCLE OF THE EQUIPMENT IN SYSTEMS OF WATER SUPPLY – THE INSTRUMENT OF INCREASE IN THEIR ENERGY EFFICIENCY***

*The analysis of a life cycle cost both for new systems, and for modernized, requires assessment of alternative options, is the tool allowing to reduce the size of economic costs, to raise an energy efficiency of the pumping equipment, and also to promote preserving natural not renewable resources.*