

А.В. ШАЙХИСЛАМОВ**В.Н. ЗЕНЦОВ****В.А. ХАЙРУЛЛИН****ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ
ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ КАНАЛИЗАЦИИ***ENERGY EFFICIENCY IN OPERATING SEWAGE TREATMENT FACILITIES*

Эксплуатация канализационных насосных станций, даже при оптимальном подборе энергосберегающего насосного оборудования, связана с большим потреблением электроэнергии. При ярко выраженном рельефе местности, с большими перепадами высот, предлагается использовать «неразрывность струи», что приведет к непродолжительным включениям насосных агрегатов. Данный способ позволит увеличить межремонтный ресурс насосов и сэкономить затраты на электроэнергию. В статье приведены практические результаты, полученные на реально эксплуатируемом объекте, которые позволяют просчитать экономику предложенного способа.

Ключевые слова: канализационные насосные станции, канализация, самотечное движение стоков, лоток трубопровода, напорный коллектор, реализация продукта, тариф, дисконтированный доход, инвестиционный проект, чистый доход, энергосбережение.

Канализационные насосные станции (КНС) относятся к сооружениям для перекачки сточных и ливневых вод в водный объект (СП 31.13330.2012. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. М., 2012; СП 32.13330.2012. Канализация. Наружные сети и сооружения. М., 2012; ГОСТ Р 54775-2011. Станции насосные механизированных крепей. Общие технические требования. Методы испытаний. М., 2011).

В комплексе очистных сооружений канализации (ОСК) входят КНС для сброса очищенных сточных вод в водный объект, эксплуатация которых осуществляется не должным образом. Речь идет о КНС, у которых отметки начала напорного коллектора расположены выше, чем конечная отметка коллектора, куда перекачиваются очищенные или ливневые стоки. В таких случаях возникает несколько вопросов при проектировании:

The paper states that operating sewage pumping station always goes together with high electrical energy consumption, even if most suitable sewage pumping is used. Under conditions of strongly marked land forms with height difference the authors suggest using the so-called "continuity of stream" and claim that it would result in short-term work of water-pumping sets. This method would allow to enlarge water-pumping sets overhaul period and to reduce energy costs. The paper introduces practical results obtained while operating a certain sewage facility. These results make possible to calculate the efficiency of the introduces method of clean water runoff pumping.

Key words: sewage pumping station, sewage, self-flowing drainage, pipe system tray, pumped sewer, product sales, rate, discounted income, capital investment project, net profit, energy efficiency.

1) Проектирование КНС и подбор оптимальных мощностей насосного оборудования (подбор по наивысшей точке либо по конечной точке трубопровода), прокладка самотечных коллекторов с достаточно глубоким заложением для обеспечения необходимого уклона.

2) Прокладка самотечного сбросного коллектора с учетом уклона и рельефа местности с достаточно глубоким заложением лотка трубопровода.

Существующий способ эксплуатации действующей КНС заключается в перекачивании сточных вод при непрерывной работе насосного оборудования, т.е. при достижении определенного уровня жидкости в резервуаре КНС срабатывают поплавковые механизмы, после чего сточная жидкость откачивается насосами до полного опустошения. После этого в резервуаре снова накапливаются стоки, цикл по откачке повторяется, и так постоянно.

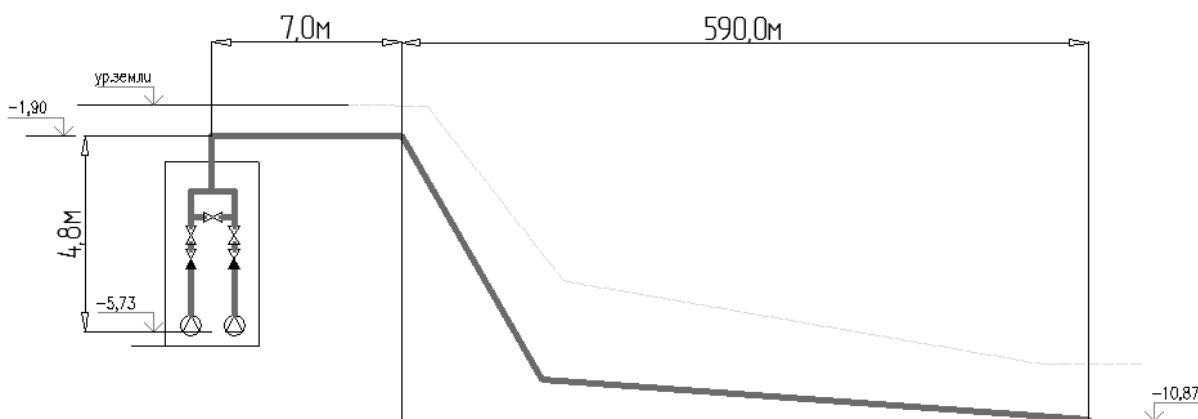


Рис. 1. Схема расположения трубопровода (разработано автором)

Предлагаемый нами способ эксплуатации предполагает откачивание сточных вод, при том что затрачиваемая электроэнергия будет гораздо ниже, чем в существующем способе эксплуатации. КНС необходимо автоматизировать по определенной схеме: при достижении уровня сточных вод (объем стоков при этом указан в апробации данного способа) срабатывают поплавковые механизмы и включается насосное оборудование, которое откачивает сточные воды только для того, чтобы заполнить весь объем напорного трубопровода (время работы насосов в действующей КНС согласно апробации составляет 1 мин), после чего жидкость начнет самотеком перекачиваться на сброс, а трубопровод будет работать как сифон [1].

При проектировании сети КНС по наивысшей точке напорный коллектор разбивается на два расчетных участка: напорный участок от начальной точки до наивысшей точки перегиба; от наивысшей точки до конечной точки – самотечный участок. Таким решением спроектирована и построена КНС сброса в водоем очистных сооружений канализации объекта «N» (рис. 1).

При эксплуатации данной КНС выявились некоторые особенности работы насосной станции. Известно, что погружные канализационные насосы фирмы Grundfos способны пропускать сквозь центробежное колесо сточную жидкость [2, 3] при работе напорного трубопровода как сифона. Данная особенность основана на свойстве неразрывности струи: «Закон неразрывности потока жидкости – основной закон гидродинамики и формулируется следующим образом: *при установившемся движении жидкости произведение средней скорости движения на площадь живого сечения является величиной постоянной, т.е. $vS = const$* » [4].

Эта особенность позволяет для данного объекта и для подобных случаев предусмотреть мероприятия по энергосбережению при перекачивании стоков от ОСК в водный объект. Возникает вопрос: как отладить работу КНС в этом случае для достижения минимальных энергозатрат?

На программе по расчету заполнения насосами трубопроводов «SIP» [5] было рассчитано время заполнения труб водой при работе двух насосов (рис. 1) – 59 секунд. После того как трубопровод заполняется водой, он начинает работать как сифон, при этом колесо погружного насоса не останавливается, а продолжает пропускать через себя воду.

Исходные данные: объем сточной жидкости $V=30 \text{ м}^3$, количество включенных насосов – два.

Нами произведено натурное исследование предлагаемого способа эксплуатации КНС, которое заключалось в следующем:

- откачка воды при работающих насосах до достижения минимального уровня в резервуаре КНС;
- откачка воды сифонным способом, т.е. после заполнения напорных трубопроводов водой насосы отключаются и замеряется время опустошения резервуара КНС.

Результаты натурного исследования представленного способа эксплуатации КНС:

- время работы двух насосов – 21 мин;
- время заполнения трубопроводов двумя насосами – 1 мин;
- время откачки воды после отключения насосов – 26 мин;
- общее время откачки – 27 мин.

По результатам натурного исследования видно, что разница между откачкой в существующем и предлагаемом способе эксплуатации составляет 6 мин. Данная разница незначительна и позволяет

Таблица 1

Результаты вычисления затрат на электроэнергию в существующем и предлагаемом способе эксплуатации КНС
(Источник: разработано автором)

Показатель	Первый расчетный случай	Второй расчетный случай
Количество киловатт за месяц, кВт	$4,8 \cdot 2 \cdot 140,02 = 1344,192$	$4,8 \cdot 2 \cdot 6,67 = 64,032$
Стоимость электроэнергии за месяц, р.	$1344,192 \cdot 4 = 5376,76$	$64,032 \cdot 4 = 256,12$
Стоимость электроэнергии за год, р.	$5376,768 \cdot 12 = 64521,22$	$256,12 \cdot 12 = 3073,44$

настроить работу КНС в автоматизированном режиме с целью экономии электроэнергии.

Представленный нами способ энергосбережения позволяет получить прежде всего экономию, а не доход. Данный проект – это проект «затратного» типа [6,7], т.е. не происходит реального увеличения денежного потока за счет прибавочной стоимости от реализации продукта, а имеет место быть экономия, которая может быть рассмотрена с позиции собственника в виде величины дохода.

Вначале найдем разницу между затратами по автоматизации КНС до и после, для этого выполним следующее:

1) мощность одного насоса, перекачивающего сточные воды, составляет 4,8 кВт·ч;

2) суточный расход канализационной насосной составляет 400 м³/сут; месячный расход КНС – $Q_{\text{мес}} = 400 \text{ м}^3/\text{сут} \cdot 30 \text{ сут} = 12000 \text{ м}^3$;

3) из результатов эксперимента определяем ориентировочную производительность двух совместно работающих насосов – 85,7 м³/ч.

Время работы двух насосов в месяц при перекачке сточных вод для первого случая составит:

$$T_1 = 12000 / 85,7 = 140,02 \text{ ч};$$

4) для второго случая подсчитаем количество минут, за которые происходит наполнение трубопроводов:

$$T_2 = 12000 / 30 = 400 \text{ мин} = 6,67 \text{ ч};$$

5) тариф на электроэнергию на данном объекте составляет 4 р./кВт.

Классическая формула расчета чистого дисконтированного дохода (ЧДД) может быть использована в стандартном виде для типичных инвестиционных проектов, но под чистым доходом будет пониматься экономия, которую получает собственник. Отсюда общий вид формулы:

$$NPV(\text{ЧДД}) = \sum_{t=0}^T \frac{CF_t(\text{ЧД}_t)}{(1+R)^t} - IC(\text{ИЗ})$$

где $CF_t(\text{ЧД}_t)$ – величина экономии, получаемая собственником, которая остается в его распоряжении, р.;

R – ставка дисконта, принятая по средней процентной ставке по вкладам на депозиты Сбербанка, %;

t – период, лет;

IC (ИЗ) – затраты на реализацию проекта, р.

Отсюда рассчитаем экономический эффект от предлагаемых нами мероприятий в двух вариантах:

I вариант – по остаточному сроку службы, так как КНС, действующая на протяжении трех лет, $t=8-3=5$ лет;

II вариант – если бы данные мероприятия были реализованы с момента запуска КНС, т.е. по всему сроку эксплуатации, $t=8$ лет.

Исходные данные для расчета ЧДД:

1) Затраты на автоматизацию КНС – 100 000 р.

2) $R=0,08$ %.

Расчет по I варианту:

$$NPV_I(\text{ЧДД}) = \frac{(64521,22 - 3073,44)}{(1+0,08)} + \frac{(64521,22 - 3073,44)}{(1+0,08)^2} + \frac{(64521,22 - 3073,44)}{(1+0,08)^3} + \frac{(64521,22 - 3073,44)}{(1+0,08)^4} + \frac{(64521,22 - 3073,44)}{(1+0,08)^5} - 100000 = 145343,2 \text{ р.}$$

Расчет по II варианту:

$$NPV_{II}(\text{ЧДД}) = \frac{(64521,22 - 3073,44)}{(1+0,08)} + \frac{(64521,22 - 3073,44)}{(1+0,08)^2} + \frac{(64521,22 - 3073,44)}{(1+0,08)^3} + \frac{(64521,22 - 3073,44)}{(1+0,08)^4} + \frac{(64521,22 - 3073,44)}{(1+0,08)^5} + \frac{(64521,22 - 3073,44)}{(1+0,08)^6} + \frac{(64521,22 - 3073,44)}{(1+0,08)^7} + \frac{(64521,22 - 3073,44)}{(1+0,08)^8} - 100000 = 253118,25 \text{ р.}$$

Учитывая остаточный срок службы действующей КНС, экономия составит 145343,2 р., экономия при своевременном устройстве автоматизации до ввода в эксплуатацию КНС составит 253118,25 р.

Выводы. Исходя из проведенного исследования, можно сделать вывод, что технико-экономически целесообразно внедрение предлагаемого способа эксплуатации КНС и аналогичных объектов с

целью сбережения материальных средств, прежде всего собственника, а также облегчения работы обслуживающего персонала очистных сооружений канализации и КНС.

Экономический эффект за весь период эксплуатации составит 253118,25 р.

Необходимо добавить, что, при работе трубопровода как сифона, колесо погружного насоса вращается без применения электроэнергии, а следовательно, насос работает в режиме генератора электроэнергии. Поэтому есть возможность еще более увеличить экономию электроэнергии, накапливая электричество с насосного генератора. Этот вопрос требует дальнейшей проработки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Детлаф А.А., Яворский Б.М., Милковская Л.Б. Курс Физики: в 3 т. Т. I. Механика. Основы молекулярной физики и термодинамики. Изд. 4-е. перераб. М.: Высшая школа, 1973. 384 с.
2. Режим доступа: <http://ru.grundfos.com/> (дата обращения: 16.03.2015).
3. Яковлев С.В., Воронов Ю.В. Водоотведение и очистка сточных вод. М.: АСВ, 2006. 704 с.
4. Калицун В.И. и др. Гидравлика, водоснабжение и канализация: учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности «Промышленное и гражданское строительство». Изд. 3-е. перераб. и доп. М.: Стройиздат, 1980. 139 с.
5. <http://khd2.narod.ru/soft/sip.htm> (дата обращения: 12.05.2014).
6. Руководство по проектированию комплексных насосных станций // Грундфос насосы Сарлин. Уфа, 2001. 19 с.
7. Котов Д.В., Хайруллин В.А. Оценка эффективности инновационных проектов с нерелевантными денежными потоками // Экономика и управление. 2011. №21. С. 43-47.

© Шайхисламов А.В., Зенцов В.Н.,
Хайруллин В.А., 2015

Об авторах:

ШАЙХИСЛАМОВ Андрей Вячеславович

студент направления водоснабжения и водоотведения
Уфимский государственный нефтяной технический университет
450080, Россия, г. Уфа, ул. Менделеева, 195,
тел. (347)228-49-00
E-mail: subarik09@rambler.ru

ЗЕНЦОВ Вячеслав Николаевич

доктор технических наук, профессор, директор межфакультетского лабораторного центра
Уфимский государственный нефтяной технический университет
450080, Россия, г. Уфа, ул. Менделеева, 195,
тел. (347)228-49-00
E-mail: zencov.ugntu@yandex.ru

ХАЙРУЛЛИН Виталий Агзамович

доктор технических наук, профессор
Уфимский государственный нефтяной технический университет
450080, Россия, г. Уфа, ул. Менделеева, 195,
тел. (347)228-49-00
E-mail: zencov.ugntu@yandex.ru

SHAYKHISLAMOV Andrey

Student of Water Supply and Drainage Educational Program
Ufa State Petroleum Technological University
450080, Russia, Ufa, Mendeleyev str., 195,
tel. (347)228-49-00
E-mail: subarik09@rambler.ru

ZENTSOV Vyacheslav

Doctor of Engineering Science, Professor, Director of Inter-laboratory Center
Ufa State Petroleum Technological University
450080, Russia, Ufa, Mendeleyev str., 195,
tel. (347)228-49-00
E-mail: zencov.ugntu@yandex.ru

KHAIRULLIN Vitaliy

Doctor of Engineering Science, Professor
Ufa State Petroleum Technological University
450080, Russia, Ufa, Mendeleyev str., 195,
tel. (347)228-49-00
E-mail: zencov.ugntu@yandex.ru

Для цитирования: Шайхисламов А.В., Зенцов В.Н., Хайруллин В.А. Энергосберегающие технологии при эксплуатации очистных сооружений канализации // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. 2015. № 3 (20). С. 59-62.
For citation: Shaykhislamov A.V., Zentsov V.N., Khairullin V.A. Energy efficiency in operating sewage treatment facilities // Vestnik SGASU. Gradostroitelstvo i arhitektura [Vestnik of SSUACE. Town Planning and Architecture]. 2015. № 3 (20). Pp. 59-62.