

Энергосбережение при очистке сточных вод населенных мест

Н.Н. Паненко, А.Ю. Скрябин, К.К. Популиди, А.В. Денисова, В.В. Денисов

Федеральный закон «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности» (2009 г.) особо выделил мероприятия, направленные на увеличение количества случаев использования в качестве источников энергии вторичных энергетических ресурсов и (или) возобновляемых источников энергии (Федеральный закон «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности» [Текст]. – Новосибирск: Сиб. унив. изд-во, 2010.- 64 с.-(Кодексы. Законы. Нормы). Согласно указанному закону, вторичный энергоресурс, полученный в виде отходов производства и потребления или побочных продуктов в результате осуществления технологического процесса или использования оборудования, функциональное назначение которого не связано с производством соответствующего вида энергетического ресурса.

Значительная роль в решении проблемы энергосбережения в настоящее время отводят теплонасосным установкам (ТНУ). Используя процессы испарения и конденсации циркулирующей в системе легкокипящей жидкости, они извлекают низкопотенциальную теплоту из объектов природной среды и обеспечивают теплоснабжение зданий, сооружений, теплиц и т.д. Искусственными источниками низкопотенциального тепла для ТНУ различной производительности могут быть, например, вентиляционный воздух и отработанные газы, оборотные и сточные воды[1].

Согласно мировому опыту, сточные воды населённых мест, отличающиеся относительно высокой постоянной температурой, являются одним из лучших источников низкопотенциального тепла для применения ТНУ. Разработчики проекта TACIS(Technical Assistance for the Common wealth of Independent States, Евросоюз) выполнили расчёт энергетического потенциала низкопотенциального тепла сточных вод (СВ) как в России в целом, так и

(выборочно) в трёх субъектах Российской Федерации: Краснодарском крае, Астраханской и Нижегородской областях (таблица).

Таблица

Энергетический потенциал тепла сточных вод в России и отдельных субъектов РФ [2, 3] извлечения

№	Параметр	Россия в целом	Субъекты Российской Федерации		
			Астраханская область	Краснодарский край	Нижегородская область
1	Объём СВ, млн. т/год	28578,2	186,32	685,0	794,6
2	Валовый потенциал, млн. Гкал	285,7	1,86	6,85	7,94
	Валовый потенциал, млн. т у.т.*	40,8	0,27	0,98	1,14
3	Технический потенциал, млрд. кВт·ч	56,3	0,35	1,35	1,56
	Технический потенциал, млн. т у.т.	19,1	0,12	0,46	0,53
4	Экономический потенциал, млрд. кВт·ч	25,2	0,18	0,62	0,62
	Экономический потенциал, млн. т у.т.	8,56	0,06	0,21	0,21

*Теплота сгорания условного топлива – 29,3 МДж/кг ~ 7 Мкал/кг

Валовой ресурс теплоты сбросных вод на станциях аэрации определяется из расчёта объёма (V) сточных вод, перерабатываемых на очистных сооружениях и станциях аэрации, температуры СВ и остальной воды при соответствующих температурах по формуле (1) [4]:

$$Q_B = V \cdot m \cdot (i_2 - i_1), \quad (1)$$

где m – удельный вес сточных вод (в расчётах принят 1 т/м³);

i_1 и i_2 – энтальпии входящей на станцию воды и выходящей из неё, кДж/кг.

При этом технический потенциал определялся экспертами из наличия технических возможностей преобразования теплоты СВс помощью ТНУ по формуле (2) [4]:

$$Q_T = 0,067 \cdot Q_B, \quad (2)$$

Экономически выгодный потенциал принимался равным от 30 до 50 % от технического ресурса.

Согласно выполненным расчётам, теплоснабжением при помощи ТНУ могут в перспективе воспользоваться до 10% населения России (с учётом того, что на помещение площадью 100-200 м² требуется производительность ТНУ порядка 10-20 кВт или удельная его производительность 2,5-5,0 кВт/чел.).

Транспортировка и очистка СВ городских поселений является весьма энергоёмкими процессами. Потребляемая при этом электрическая и тепловая энергия составляет существенную часть стоимости продукции- очищенной воды. Согласно [5, 6], в современных условиях электрическая мощность, потребляемая водно-канализационным хозяйством города с умеренно выраженным рельефом для производительности 100 тыс. м³/сут составляет: на перекачку СВ- 600 кВт, на очистку СВ-от 700 до 1900 кВт. Вполне логичными представляются исследования, направленные на компенсацию этих немалых энергозатрат.

Ниже рассмотрена энерго-экономическая целесообразность использования ТНУ в системе водоотведения г. Новочеркаска Ростовской области.

В бывшем Первомайском районе г. Новочеркаска СВ поступают на городскую канализационную насосную станцию (ГКНС), которая расположена в районе железнодорожного вокзала. От ГКНС по напорному коллектору (2 нитки протяжённостью 6 км) СВ в объёме 23 тыс. м³/сут поступают в приёмную камеру очистных сооружений, расположенных за пределами города в районе балки Сухая Кадамовка.

Схема очистки СВ является классической, наиболее распространённой в России (рисунок).

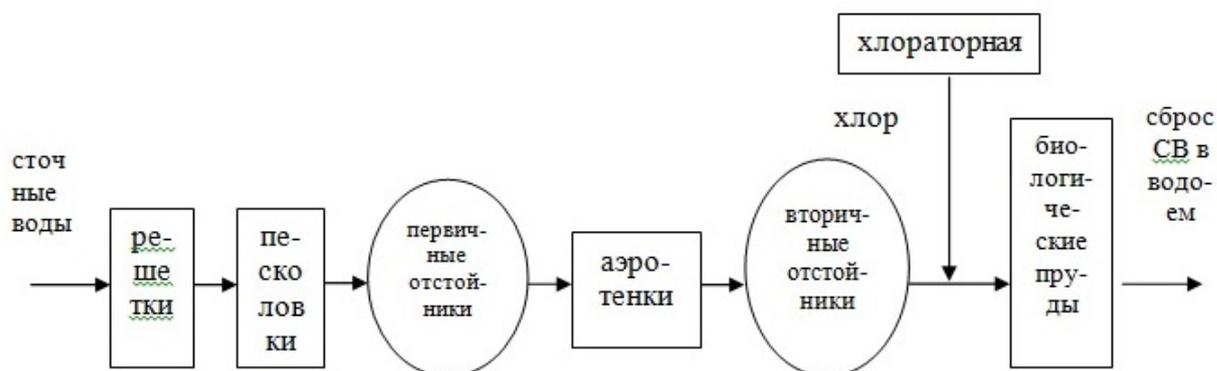


Рис.– Схема существующей очистки сточных вод на Кадамовских очистных сооружениях (г. Новочеркасск)

Сооружения с указанной производительностью по очистке СВ, содержащих 124 мг/л взвешенных веществ (промстоки) и 176 мг/л (бытовые стоки) и соответственно БПК – 86,3 и 97,5 мг/л, являются весьма энергозатратными в эксплуатации. Ежегодное потребление электроэнергии составляет около 5,25 млн. кВт·ч, а расход природного газа котельной на отопление и горячее водоснабжение только в отопительный сезон (180 сут) превышает 432000 м³ (1000 м³/ч, эквивалентно 3430000 кДж/ч).

Валовый потенциал теплоты СВ, рассчитанный по формуле (1), составляет:

$$Q_{\text{В}} = 958300 \cdot 1 \cdot (83,91 - 42,04) \approx 40124000 \text{ кДж/ч}$$

где 958300 – часовой приход СВ, л;

83,91 – энтальпия входящей при 20 °С воды, кДж/кг;

42,04 – энтальпия выходящей при 10 °С воды, кДж/кг;

1 – удельный вес СВ, кг/л

Технически реализуемый при помощи ТНУ потенциал $Q_{\text{ТП}}$ определен по формуле (2):

$$Q_{\text{Т}} = 0,067 \cdot 40124000 \approx 2688000 \text{ кДж/ч}$$

Принимая коэффициент использования мощности ТНУ равным 0,8 [2], получаем количество теплоты, ежечасно вырабатываемой ей в течение отопительного периода $Q'_{\text{Т}}$:

$$Q'_T = 2688000 \cdot 0,8 \approx 2150400 \text{ кДж/ч}$$

Таким образом, реальное количество теплоты, которое можно получить при помощи ТНУ только в течение отопительного периода, составит в расчёте на газовый эквивалент:

$$2150400 \text{ кДж/ч} : 34300 \text{ кДж/м}^3 \approx 62,7 \text{ м}^3/\text{ч} \text{ (здесь 34300 - теплота сгорания природного газа, кДж/м}^3\text{)}$$

Таким образом, в отопительный период за счёт использования тепла СВ ТНУ сэкономит природного газа ~ 283 тыс. м³ (почти 2/3 от потребления его котельной), что в денежном эквиваленте (4 руб. за 1 м³) составит более 1,13 млн. руб.

Сточные воды при температуре около +20°C летом и редко менее +8 °C зимой имеются практически во всех городских поселениях. В очищенном либо необработанном виде они могут быть использованы как источник низкопотенциального тепла. Неочищенные СВ обычно имеют большую температуру, что позволяет сократить расстояние между ТНУ и местом использования. Однако их применение в этом случае часто приводит к засорению трубопроводов и блокированию теплообменных поверхностей[7].

Согласно [2, 7], ТНУ целесообразно размещать вблизи городских очистных сооружений либо в больших зданиях, например больницах, где имеется большое количество относительно чистых СВ. Подобные относительно крупные отопительные системы используются в ряде городов Швеции для систем центрального отопления. В г. Упсала, например, существует система с тремя тепловыми насосами, каждый установленной мощностью 13 МВт, для обеспечения теплом городской системы теплоснабжения.

Сезонный коэффициент преобразования тепла таких установок весьма высок (2,5 – 3,5), и соответствующие экономические показатели хорошие: они окупаются в течение 1-3 лет [2, 8]. Подсчитано, что в условиях Швеции, страны с суровым климатом, извлечение тепла из сточных вод дало бы ежегодную экономию около 700 – 800 тыс. м³ нефти[6].

Известно, что для эффективной работы ТНУ можно использовать и те-

пло грунтов. На Западе многие индивидуальные, многоквартирные дома и даже промышленные предприятия используют для отопления и снабжения горячей водой низкопотенциальное, но стабильное тепло грунтов. Поскольку 1 кв. метр грунта отдаёт в среднем 20 Вт (72 кДж) тепловой мощности [9, 10], для получения, например, 100 кВт необходима площадь, примерно 0,5 га почвы, свободной для рытья на глубину одного метра для укладки в траншеях труб, по которым циркулирует легкокипящая жидкость – хладагент. При этом, чем больше мощность ТНУ, тем меньше будет стоимость произведённого киловатта мощности.

Согласно расчётам, для получения оставшейся теплоты (3430000-2150400=1279600 кДж/ч) необходимо отвести под укладку труб ТНУ типа «грунт-вода» площадь земли около 1,8 га, что учитывая изолированность Кадамовских очистных сооружений, вполне реально. Таким образом, имеется техническая возможность заменить котельную, работающую на дорогостоящем газовом топливе и выбрасывающую в атмосферу более 850 т диоксида углерода – парникового газа – на экологически чистые ТНУ, один из которых использует тепло сточных вод, а другой тепло грунта.

Литература:

1. Сибикин Ю.Д. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии [Текст]: учеб. пособие / Ю.Д. Сибикин, М.Ю. Сибикин. – М.: Кнорус, 2010.-176 с.

2. Николаев, В.Г. Перспективы развития возобновляемых источников энергии в России. [Текст] Результаты Проекта TACIS EuropeAid / 116951 / C / SV / RU. Николаев В.Г., Ганага С.В., Кудряшов Ю.И., Вальтар Р., Виллемс П., Санковский А.Г. / Под ред. В.Г. Николаева. – М.: Изд. «АТМОГРАФ», 2009.- 201 с.

3. Silbergliitt R., Anton P., Howell D., Wong A. The Global Technology Revolution 2020: RAND Technical Report. Santa Monica – Arlington – Pittsburg, 2006. – 44 p.

4.Справочник по ресурсам ВИЭ России и местным видам топлива[Текст] / Безруких П.П., Дегтярёв В.В., Елистратов В.В. и др. – М.: ИАЦ «Энергия», 2007.- 296 с.

5. Данилович, Д.А. Энергосбережение и альтернативная энергетика на очистных сооружениях канализации [Текст] / Д.А. Данилович // Водоснабжение и сан.техника. 2011. №1. С.9-16.

6. Страхова Н.А. Анализ энергетической эффективности экономики России. / Н.А. Страхова, П.А. Лебединский // Инженерный вестник Дона [Электронный ресурс]. – 2012. - № 3. URL:<http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n3y2012/999> (доступ свободный) – Загл. с экрана. – Яз.рус.

7.Козлов, В.Б. Энергосберегающие технологии в современном строительстве [Текст]/ Пер. с англ. Ю.А. Матросова и В.А. Овчаренко; под. Ред. В.Б. Козлова. – М.: Стройиздат, 1990.- 189 с.

8.Айдаркина Е.Е. Анализ действующего экономического механизма стимулирования рационального водопользования Ростовской области [Электронный ресурс] // «Инженерный вестник Дона», 2014, №1 – Режим доступа: <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n1y2014/2220> (доступ свободный) – Загл. с экрана. – Яз. рус.

9. RENEwablES 2012 GlObalSTaTuS REPORT // Renewables Energy Policy Network for the 21st Century. REN21 c/oUNEP 15, RuedeMilan, 2012. – 171 p.

10. Шегельман И.Р. Развитие рынка электроэнергии: мнение финских специалистов / И. Р. Шегельман, С. С. Гладков // Инженерный вестник Дона [Электронный журнал]. – 2013. - № 3. URL:<http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n3y2013/1752> (доступ свободный) – Загл. с экрана. – Яз.рус.

