УДК 627.132:504.06:330.131.7

Атаев С. В., преп. (ПВУЗ «Европейский университет», г. Ровно)

ПОВЫШЕНИЕ УРОВНЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ КАНАЛИЗАЦИОННЫХ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ

Пропонується підвищувати рівень екологічної безпеки каналізаційних насосних станцій населених пунктів шляхом вбудови блоку попередньої очистки стічних вод та обробки осадів.

Предлагается повышать уровень экологической безопасности канализационных насосных станций населенных пунктов путем встраивания блока предварительной очистки сточных вод и обработки осадков.

It is offered to raise level of ecological safety of sewer pump stations of settlements by embedding of the block of preliminary sewage treatment and processing of deposits.

Ключевые слова: система водоотведения, канализационная насосная станция, экологическая безопасность, факторы и объекты влияния.

Эффективное развитие современных систем водоотведения населенных пунктов Украины в условиях рыночной экономики требует научно обоснованных подходов к строительству новых и реконструкции существующих канализационных насосных станций (КНС), сетей, очистных сооружений, коллекторов и т.д. Одним из таких подходов может быть комплексный анализ и решение наиболее актуальных проблем эксплуатации канализационных объектов, что, в свою очередь, может способствовать повышению качества проектирования новых объектов, продлению термина эксплуатации существующих при одновременном повышении уровня их безопасности [1].

Для современных КНС наиболее актуальными проблемами выступают проблемы технического, технологического и экологического характера. Технические проблемы связаны с износом и старением технических систем, заложенных в основе КНС, необходимостью частых капитальных ремонтов и отсутствием средств телеизмерения и телеуправления. Не менее острыми проблемами выступают технологические, которые связаны с несовершенством технологических процессов, заложенных в основе КНС. И технические и технологические проблемы КНС во многом взаимосвязаны, поэтому решение ряда технологических проблем может способствовать повышению эксплуатационной надежности станций [2, 3].

Экологические проблемы насосных станций являются производными от уровня их технического и технологического состояния с учетом специфики

местных условий и эксплуатации систем водоотведения. На сегодняшней день более актуальными экологическими проблемами современных КНС остаются: состояние здоровья обслуживающего персонала КНС [4]; ухудшение экологической обстановки на селитебных территориях за счет утечек и аварий на КНС [5-7]; ухудшение состояния водных объектов в результате залповых сбросов неочищенных сточных вод [1-7]; ухудшение состояния земельных ресурсов за счет накопления и несанкционированного складирования осадков [8, 9]; вспышки инфекционных заболеваний у населения, которое проживает в зоне влияния КНС [10, 11] и т.д.

Комплексное решение вышеупомянутых проблем видится в оптимизации экологической безопасности КНС, поскольку решение экологических проблем может гарантировать для этих объектов также разработку мер по повышению технического и технологического уровня всей технической системы и отдельных элементов. Таким образом, одним из подходов к обеспечению экологической безопасности эксплуатации КНС может быть усовершенствование технологических процессов. Как конечный результат реализации данного подхода – повышение надежности КНС, ее пропускной способности, увеличение термина эксплуатации, снижение интенсивности отказов оборудования и вероятности реализации утечек и аварий и т.д.

В данной работе рассматривается способ повышения уровня экологической безопасности эксплуатации КНС систем водоотведения населенных пунктов, который заключается во встраивании блока предварительной очистки сточных вод и обработки осадков. В качестве обоснования предлагаемого подхода приводится сравнительный анализ показателей экологической безопасности реально действующей КНС до и после технологических изменений.

Решение вопросов экологической безопасности проектирующих и действующих КНС приобрело актуальность сравнительно недавно, когда начались проявляться побочные эффекты эксплуатации старых систем водоотведения городов. Может быть, поэтому до сих пор нет единого мнения касательно концепции и критериев экологической безопасности КНС, находящихся на различных стадиях «жизненного» цикла – начиная от проектирования и заканчивая ликвидацией.

В литературе по безопасности КНС больше внимания уделяют техническим и технологическим аспектам [3, 5, 6]. Проблема учета экологических аспектов рассматривается, как правило, в ключе разработки необходимых норм и правил по безопасной эксплуатации [1], усовершенствования насосного оборудования [5, 7], снижения уровня аварийности за счет оперативного управления технологическими процессами и реагирования на первые симптомы аварий с последующей реализацией защитных мер [1] и т.д. Но это, скорее всего, решение проблем техногенной безопасности.

Специалисты опасными экологическими факторами эксплуатации КНС для населения и природы считают, как правило, последствия аварий. Но ис-

тория эксплуатации систем водоотведения знает не только о влиянии аварий, она также подтверждается фактами негативного влияния КНС и при нормальной работе [10, 11]. В силу сложной экономической ситуации в водопроводно-канализационном секторе хозяйства Украины все более актуальными вопросами стают также вопросы влияния аварийной эксплуатации КНС. Это обозначает, что если КНС выходит из нормального режима работы, то ее отключение от системы водоотведения не всегда экономически целесообразно. Как результат – станции работают в аварийном режиме, что способствует затоплению земельных ресурсов, загрязнению водотоков неочищенными сточными водами, распространению инфекций и т.п.

Таким образом, рассматривая концепцию экологической безопасности КНС, необходимо анализировать спектр влияния КНС, как технической системы в целом, на окружающую среду и население. При этом уровень техногенной безопасности, в конечном результате, и способствует формированию спектра влияния объекта на окружающую среду. Отсюда и следует, что технологическое совершенствование КНС может уменьшать интенсивность их влияния на окружающую среду и население.

Современные КНС – это, как правило, однофункциональные объекты. Представление об эффективной работе КНС связанно с бесперебойной перекачкой сточных вод. Считается, что расход сточных вод, который поступает на вход КНС, должен соответствовать расходу сточных вод на выходе станции [2]. Именно такое соотношение может гарантировать необходимый уровень экологической безопасности этих объектов. При этом на другом плане остается вопрос качества сточных вод, которые поступают в канализационную сеть после КНС и могут при авариях или утечках контактировать с различными объектами и процессами окружающей среды.

Одной из типичных систем водоотведения населенных пунктов есть система с. Весняное Николаевской обл., нормальная работа которой нарушилась по причине аварийного состояния КНС. По мнению контролирующих органов, выход из данной ситуации возможен был только после проведения капитального ремонта станции, который предусматривал возобновление работы всех подсистем КНС, включая и оборудование. Но даже замена старых насосных агрегатов не гарантировала бы экологическую безопасность эксплуатации КНС и системы водоотведения в будущем. Поэтому было принято решение включить в технологию КНС операции по предварительной очистке сточных вод при одновременной перекачке.

На отечественном и на зарубежном рынке работают организации, которые предлагают внедрение в КНС элементов предварительной очистки сточных вод. При этом большинство из них, к сожалению, не приводят конкретных данных о безопасности нововведений. Поэтому на примере исследуемой КНС был проведен сравнительный анализ показателей ее экологической безопасности до и после внедрения блока предварительной очистки сточных вод. Учитывались результаты как нормального, так и аварийного режимов

работы исследуемого объекта.

Под экологической безопасностью насосной станции рассматривали состояние объектов, процессов и явлений окружающей среды (объектов влияния), которые вступают с факторами эксплуатации (факторами влияния) всех подсистем станции в непосредственный или косвенный контакт и могут способствовать развитию неблагоприятных процессов и явлений в окружающей среде, а также изменению качественного состояния ее объектов. При этом показатели состояния объектов влияния и выступали показателями экологической безопасности КНС.

В табл. 1 дана характеристика показателей экологической безопасности *i*-ых объектов влияния исследуемой КНС. Кроме этого, приведены данные об минимально ($ES_{i,min}$) и максимально ($ES_{i,max}$) возможных значениях показателей ES_i. Данные показатели можно использовать также и для экологического обоснования других станций в независимости от их производительности.

Таблица 1

Характеристика унифицированных показателей экологической безопасности КНС населенных пунктов

№ з/п	Фактор влияния	Объект влияния	Характеристика показателя ES_i			
			Наименование	Единица измерения	$ES_{i,min}$	$ES_{i,max}$
1	2	3	4	5	6	7
1	Вибрация насосов	Рабочий персонал	Индекс проффесионального риска	без. ед.	0,1	15
2	Шум от насосов	Рабочий персонал	Интегральный показатель частоты и тяжести проффесиональной патологии	-//-	0,5	1,5
		Местное население	Риск развития специфической патологии, P_{rob}	доли единицы	0,001	0,999
3	Эмиссии газов из насосов и технологических процессов	Рабочий персонал	Индекс проффесиональных заболеваний, $I_{пз}$	без. ед.	0,1	15
		Местное население	Относительный риск возникновения заболеваний органов дыхания, *RR*	доли единицы	0,001	0,999
		Воздух рабочей зоны	Превышение $ПДК_{м.р.}$ сероводорода	раз	0	1000
		Воздух прилегающих территорий	Превышение $ПДК_{м.р.}$ аммиака	-//-	-//-	-//-

продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7
3	Эмиссии газов из насосов и технологических процессов	Взрывоопасность КНС	Концентрация взрывоопасных компонентов	% от взрывоопасной концентрации	0,1	99,9
		Аварийность системы водоотведения	Вероятность безотказной работы, $P_{(tp)}$	доли единицы	0,0001	0,9999
4	Сточные воды	Рабочий персонал	Риск возникновения инфекционных заболеваний	доли единицы	0,0001	0,9999
		Местное население	Риск возникновения вспышек инфекционных заболеваний	-//-	-//-	-//-
		Грунтовые воды	Превышение *ПДК* по *БПК*	раз	0	200
		Поверхностные воды	Коли-индекс	количество бактерий *Escherichia coli* в 1л.	0	20
		Грунты	Показатель *pH*	без. ед.	0	14
		Растения	Содержание ентеровирусов в растениях	%	0	100
		Микроорганизмы	Количество ризосферных бактерий *Pseudomonas*	шт/кг	0	1500
5	Осадки	Рабочий персонал	Число жизнеспособных яиц гельминтов в осадках	шт/дм^3	0	10
		Местное население	Содержание бактерий *Coli* в осадках	шт/г сухого вещества	0	$3*10^7$
		Грунтовые воды	Превышение ПДК по свинцу	раз	0	100
		Поверхностные воды	-//-	-//-	-//-	-//-
		Грунты	Класс токсичности (опасности) осадка	без. ед.	1	4
		Аварийность системы водоотведения	Вероятность безотказной работы, $P_{(tp)}$	доли единицы	0,0001	0,9999

В табл. 2 рассматриваются средневзвешенные значения ES_i для характерных периодов эксплуатации КНС. Для оценки ES_i нормальной работы КНС использовались статистические данные о состоянии объектов влияния до аварийного состояния КНС и после технологических изменений. Для оценки ES_i аварийной работы использовались данные о состоянии объектов влияния на протяжении аварийной работы КНС и гипотетических последствиях аварий с учетом технологических изменений. Географический охват влияния КНС учитывал как саму станцию, так и близлежащие населенные пункты.

Таблица 2

Значение показателей экологической безопасности исследуемой КНС*

№ з/п	Фактор влияния	Значение показателя экологической безопасности объектов влияния					
		Объекты влияния					
		Местное население	Воздух прилегающих территорий	Взрывоопасность КНС	Поверхностные воды	Грунты	Аварийность системы водоотведения
До технологических изменений							
1	Шум от насосов	0,01/0,001					
2	Эмиссии газов из насосов и технологических процессов	0,1/0,5	2/5	10/25			0,0356/0,7895
3	Сточные воды	0,0008/0,15			0/0	8/5	
4	Осадки	1250/1250			0/0	3/3	0,0645/0,2345
После технологических изменений							
5	Шум от насосов	0,008/0,001					
6	Эмиссии газов из насосов и технологических процессов	0,007/0,3	0/2	7/12			0,0345/0,8356
7	Сточные воды	0,0001/0,003			0/0	7/7	
8	Осадки	800/800			0/0	4/4	0,0645/0,8987

* в числителе дано значение показателя нормальной эксплуатации, в знаменателе – значение показателя аварийной эксплуатации

Сравнительный анализ показателей ES_i, приведенный в табл. 2, имеет дифференциальный характер, что не позволяет комплексно оценить уровень безопасности КНС в аспекте технологических нововведений. Проблема заключается в том, что показатели ES_i измеряются в разных единицах измерения. На практике в таких случаях пользуются экологическими эталонами, прописанными в нормативно-правовых документах и рекомендациях [3, 6]. При сравнении конкретного показателя с эталоном можно более адекватно говорить про уровень опасности объекта. Но работы по разработке таких эталонов, тем более интегральных показателей безопасности КНС, находятся на начальной стадии и требуют дополнительных исследований. Поэтому при комплексной оценке уровня экологической безопасности исследуемой КНС до и после технологических изменений все показатели сводились к единой измерительной системе. Суммарное (интегральное) состояние i-го объекта влияния оценивалось как среднеарифметическое всех бальных оценок ES_i, характеризирующих дифференциальное влияние различных факторов.

Использовался механизм перехода от конкретной измерительной системы показателей *i*-ых объектов влияния ES_i до бальной системы измерения. В общем виде бальная оценка *k*-го показателя экологической безопасности I_k на универсальной (интегральной) шкале длинной *L*, в баллах (9 баллов), была представлена в следующем виде [12, 13]:

$$I_k = \mu_k \cdot lgES_i + y_{k,0} \ , \qquad (1)$$

где μ_k – модуль, $y_{k,0}$ – ноль-пункт универсальной шкалы для *k*-го показателя экологической безопасности *i*-го объекта влияния:

$$\mu_k = \frac{L}{lgES_{i,max} - lgES_{i,min}}, \quad y_{k,0} = -\mu_k lgES_{i,min} \ . \qquad (2)$$

На рисунке изображены результаты комплексного сравнительного анализа экологической безопасности КНС до и после технологических изменений.

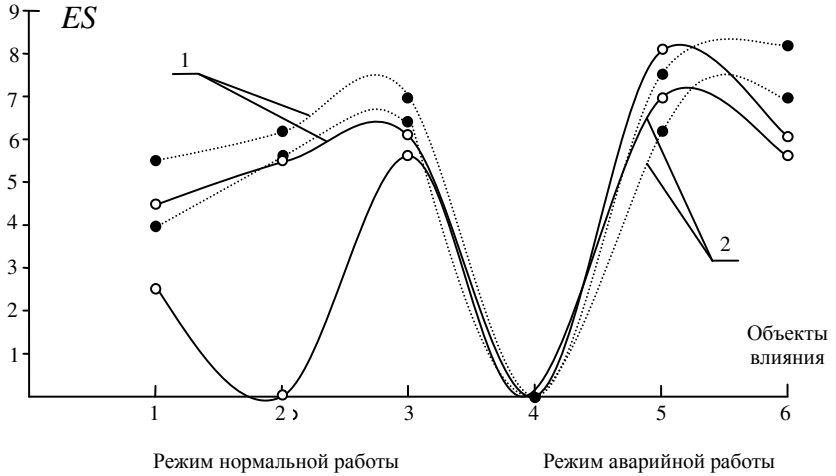

Рисунок. Комплексный сравнительный анализ состояния объектов влияния исследуемой КНС до (1) и после (2) технологических изменений: 1 – местное население; 2 – воздух прилегающих территорий; 3 – взрывоопасность КНС; 4 – поверхностные воды; 5 – грунты; 6 – аварийность системы водоотведения

Таким образом, при расширении функциональности КНС систем водоотведения населенных пунктов через внедрение в технологическую систему блока предварительной очистки сточных вод и обработки осадков повышается уровень их экологической безопасности. Это подтверждается заниженными значениями показателей экологической безопасности исследуемой КНС после технологических изменений (рисунок кривые 1) по сравнению с уровнем безопасности станции до технологических изменений (рисунок кривые 2). Комплексность и соотносительность при интерпретации значений показателей экологической безопасности исследуемой КНС в 9-бальной сис-

теме дает возможность выделить те объекты влияния станций после их технологических изменений, состояние которых в зоне их влияния более улучшается. Это местное население, воздух прилегающих территорий и аварийность системы водоотведения. Так, интегральные показатели экологической безопасности этих объектов при нормальной и аварийной работе исследуемой КНС после технологических внедрений ниже от показателей до внедрений, соответственно, для местного населения на 84 и 42%, для воздуха прилегающих территорий на 100 и 9% и для аварийности систем водоотведения на 42 и 16%.

1. Прогрессивные информационные ресурсосберегающие и экологически безопасные технологии в системах водоотведения / А. Д. Тевяшев, И. В. Коринько, Е. С. Есилевский, А. Г. Долгоброд, К. В. Колыбинский, Ю. В. Ярощенко, Г. В. Никитенко // Восточно европейский журнал передовых технологий. Проблемы экологической безопасности. – 2011. – С. 50-61. **2**. Алексеев М. И. Надежность систем водоотведения / М. И. Алексеев, Ю. А. Ермолин. – СПб. : СПб. гос. арх.-строит. ун-т., 2010. – 166 с. **3**. Эксплуатационная надежность экологически опасных объектов систем водоотведения / Т. Г. Латыпова, В. С. Гордиенко, Л. И. Кантор, В. В. Домницкий // Водоснабжение и санитарная техника. – 2008. – № 3 (часть 2). – С. 49-52. **4**. Шевченко Н. Л. Классификация вибрационных воздействий на обслуживающий персонал насосных станций водопроводов и канализаций / Н. Л. Шевченко // Водоснабжение и санитарная техника. – 2003. – № 2. – С. 17-28. **5**. Влияние износа вертикальных насосов на надежность, безопасность и энергопотребление канализационных насосных станций / Ю. А. Ильин, В. С. Игнатчик, С. Ю. Игнатчик, Е. А. Мельник, М. Д. Пробирский // Водоснабжение и санитарная техника. – 2011. – № 4. – С. 13-21. **6**. Гликман А. Г. Геоэкологические факторы аварийности нефтегазопроводов и насосных станций / А. Г. Гликман. – СПб. : НТФ «Геофизпрогноз», 2010. – 145 с. **7**. Никитин А. М. Модернизация канализационных насосных станций / А. М. Никитин, Ю. З. Карабанов, А. О. Гриков // Водоснабжение и санитарная техника. – 2011. – № 2. – С. 23-28. **8**. Беляева С. Д. Управление осадками сточных вод – важнейшая экологическая проблема / С. Д. Беляева, Л. И. Гюнтер // Водоснабжение и санитарная техника. – 2007. – № 1. – С. 5-10. **9**. Обработка осадка сточных вод – залог экологической чистоты / Ю. Г. Багаев, В. М. Вешкурцев, Т. М. Гундырева, С. Л. Тимофеев // Водоснабжение и санитарная техника. – 2009. – № 3. – С. 48-51. **10**. Der Avoort H. G. Isolation of epidemic poliovirus from sewage during the 1992-3 type 3 outbreak in The Netherlands / H. G. Der Avoort, J. H. Reimennk, A. Ras // Epidemiol Infect. – 1995. – V. 114. N 3. – P. 481-491. **11**. Yoshida H. Characterisation of vaccine-derived polioviruses isolated from sewage and river water in Japan / H. Yoshida, H. Hone, K. Matsuura, I. Miyamura // Lancet. – 2000. – V. 28. – № 356 (9240). – P. 1461-1463. **12**. Атаєв С. В. Вибір і логарифмічне шкалування показників впливу гребель та водосховищ на навколишнє середовище / С. В. Атаєв // Екологія довкілля та безпека життєдіяльності. – 2006. – № 3. – С. 83-90. **13**. Стефанишин Д. В. Методика бальної оцінки впливу гідроспоруд на навколишнє середовище на основі формалізації вербальних процедур / Д. В. Стефанишин, С. В. Атаєв // Водне господарство України. – 2005. – № 4. – С. 32-35.

Рецензент: д.т.н., проф. Филипчук В. Л. (НУВГП)