

## ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ ПРИ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКЕ СТОЧНЫХ ВОД НА МОДУЛЬНЫХ УСТАНОВКАХ

Николова Р.А.

Одесская государственная академия строительства и архитектуры

*У статті наведені результати досліджень впливу режиму роботи насосно-повітродувного обладнання на процес біологічного очищення стічних вод модульної установки. Роботи виконані у відповідності до «Програми соціально-економічного розвитку м. Одеси».*

**Ключові слова:** насос, біологічне очищення, режим роботи, приймальний резервуар, концентрація стічних вод.

*В статье приведены результаты исследований влияния режима работы насосно-воздуходувного оборудования на процесс биологической очистки сточных вод модульной установки.*

**Ключевые слова:** насос, биологическая очистка, режим работы, приемный резервуар, концентрация сточных вод.

*In the article we gave the results of studies of the impact of the operating mode of the pumping equipment on the process of biological treatment of the sewage water of the modular mounting.*

**Key words:** pump, biological treatment, mode of operation, receiving tank, the concentration of sewage water.

Одной из основных задач охраны окружающей среды в нашем городе и Украине, является решение проблемы сохранения естественных водоемов и подземных источников от загрязнения сточными водами. В условиях сложной экологической обстановки происходит усиление требований к степени очистки бытовых стоков и возникает необходимость приведения качества очищенных сточных вод (СВ) в соответствие с нормативными требованиями к сбросу в водоемы и городские сети. В последние годы, в связи с интенсивным строительством появились здания в неканализованных районах с высоким уровнем благоустройства, таких как торговые комплексы, турбазы, инфекционные больницы, небольшие предприятия и т.д. Как правило, эти здания стоят отдельно и на передний план выдвигается проблема очистки сточных вод от этих объектов путем создания

научно обоснованных, надежных, компактных, мало энергоемких технологических схем и конструкций модульных установок биологической очистки (МУБО) малой производительности. Многочисленные известные конструкции МУБО, имеют ряд недостатков: - не в полной мере обеспечивают нормативное качество очищенных сточных вод; - ненадежны в эксплуатации; - нуждаются в присутствии высококвалифицированного персонала.

На сегодняшний день еще **не решены вопросы приема** на МУБО СВ с *высокой неравномерностью по расходам, концентрациям, температуре, которые негативно могут отражаться на эффективности очистки СВ объектов малой производительности.* Потому актуальным является реконструкция и усовершенствование существующих и разработка новых более эффективных модульных установок. При этом стабильность работы таких комплексов зависит от многих факторов. Объектом исследований является канализационная насосная станция (НС) с погружными насосами и модульная установка биологической очистки сточных вод "Resetilovs un KO" городской клинической инфекционной больницы (ГКИБ) г. Одессы.

Поэтому при проектировании малых НС, подающих СВ на МУБО, важно обеспечить равномерный режим работы насосных агрегатов и соответствие режимов работы НС и МУБО. Это обеспечивается четким выполнением требований и правил расчета при проектировании станции, на которой предстоит использовать погружные насосы. Благодаря охлаждению двигателя водой, компактности и другим особенностям, погружные насосы допускают более частое включение до 10-20 раз и более в час, чем обычные насосы, **что стало определяющим фактором при проектировании приемных резервуаров на КНС.** Например, при десяти включениях в час насос работает в оптимальном режиме: работа - 3,0 мин, перерыв - 3,0 мин. Цикл составляет 6 минут. За счет этого до минимума сокращается объем резервуара и НС обеспечивает равномерность подачи СВ на установку. Благодаря увеличению частоты пусков насоса в час и специальной формы конструкции резервуара, исключается заиливание и образование осадка, а также необходимость его взмучивания. Основные расчеты необходимо выполнять по методике разработчика погружных насосов. Наиболее детально эти вопросы были исследованы компанией "ITT Flygt", совместно с Британским технологическим университетом и Ассоциацией гидравлики и гидромеханики АН США. Полученные результаты этих разработок можно сформулировать так:

*гидравлические условия перекачки и число пусков насосных агрегатов – это два основных фактора, определяющих минимальные размеры приемного резервуара (ПР) станции.* Поставщиками погружных насосов была предложена новая методика и формулы для проектирования ПР. Об этом я писала ранее [3]. Однако, многие проектировщики продолжают проектировать НС по старой методике, без учета особенностей погружных агрегатов, что приводит к ухудшению показателей очистки СВ на модульных установках.

### **Постановка задачи**

Целью настоящей работы было исследование причин, которые ухудшили процесс очистки СВ и вывели оборудование из строя в городской клинической инфекционной больнице г. Одессы.

Для достижения цели были поставлены следующие задания – это исследовать:

- режим фактического поступления сточных вод на очистные сооружения в течение суток;
- техническое состояние насосного и компрессорного оборудования, фактический режим работы и производительность КНС;
- соответствие принятых проектных решений стандартам и нормам проектирования насосных станций малой производительности с импортными погружными насосами;
- техническое состояние и фактический режим работы модульной установки биологической очистки сточных вод “Resetilovs На очистных сооружениях больницы была запроектирована НС по устаревшей методике *с чрезмерно завышенным объемом приемного резервуара, что стало одной из основных причин, ухудшивших процесс очистки СВ.*

НС запроектирована завышенной мощности, рассчитанной на максимальный расход. Исследования подтвердили наши выводы, сделанные после завершения первого этапа работы [4]. Малые НС, запроектированные по старым методикам, работают в кратковременно-периодическом режиме, при этом большую часть суток насосные агрегаты простаивают (табл.1. и 2.). НС значительную часть времени действительно функционирует как отстойник. Осадок, попав в зону всасывающего патрубка, подается на модульную установку. То есть концентрация СВ в такие периоды работы значительно превышает проектную величину и модульная установка работает *в режиме перегрузки.*

Принятая конструкция и емкость приемного резервуара *противоречат основным принципам* проектирования малых

насосных станций с насосами погружной установки [4]. Для протекания процесса биологической очистки СВ необходимо постоянно подавать воздух на МУБО. Опыт эксплуатации воздуходувного хозяйства установок модульного типа показывает, что воздуходувные агрегаты рассчитываются на максимальный приток СВ и, как правило, при этом подается чрезмерное количество воздуха на модульную установку в часы минимального притока. Работа такой установки биологической очистки в режиме несоответствия расхода сточных вод и количества органических загрязнений (по БПК<sub>полн</sub>) не обеспечивает дифференцированной подачи требуемого количества кислорода воздуха системой аэрации. Как правило, большую часть времени суток биомасса работает в режиме избытка кислорода. Отсутствие притока, питания и избыток кислорода *приводит к чрезмерной минерализации биомассы и снижению эффективности* ее работы. А перерыв в работе компрессора более чем на 2 часа нарушает баланс между количеством бактерий и простейших (Protozoa), что приводит к *увеличению прироста ила*. Трубопровод, подающий воду на взмучивание осадка, не использовался по назначению.

Компрессор ВР 15-1/1,3, установленный на перекрытии, в основном охлаждается воздухом, который он транспортирует. В часы минимального притока СВ интенсивность подачи воздуха снижается. Уменьшенный расход воздуха через компрессор приводит его к постоянному перегреву. Повышенная температура компрессора снижает вязкость масла в подшипниках компрессора. Масло постепенно выдавливается из подшипников, что увеличивает трение и ведет к быстрому износу подшипников. Изношенный подшипник не обеспечивает должной центровки ротора, и ротор заклинивает. Компрессор вышел из строя и масло вытекло.

Кроме этого, поступающие со сточной водой *хлорсодержащие* дезинфектанты (которые применяют постоянно в больницах), *являются токсичными для микроорганизмов аэротенка*. В этих условиях выживают только нитчатые бактерии. Их интенсивный рост приводит к коагуляции пластмассовой загрузки. Нитчатые бактерии образуют обрастание в виде бороды, вода серая с характерным неприятным запахом, биопленка с сильным обрастанием, рыхлая, что мы и наблюдали на станции. Это подтверждает, что аэротенк работает с перегрузкой. Проведенные исследования по определению фактического притока сточных вод в сухую и дождливую погоду подтвердили выводы I-го этапа. Результаты приведены в таблицах 1 и 2 соответственно. Они показали, что от фактического режима и от

фактической подачи СВ напрямую зависит режим работы МУБО. Анализируя данные таблиц 1 и 2 можно сделать следующие выводы:

1. Анализ режима работы насосных агрегатов в сухую погоду показал, что насосный агрегат включается в работу 5-6 раз в сутки. Продолжительность его работы изменяется в пределах 1-2,5 часов, а цикл работы около 4-5 часов в течение суток. Исходя из фактической подачи рабочего агрегата и режима его работы, суточный приток СВ на НС не превышают 45 - 50 м<sup>3</sup>/сут, а установка запроектирована на 230 м<sup>3</sup>/сут. При этом расход периодически перекачиваемых СВ из приемного отделения НС на МУБО изменяется в пределах 4,0-9,0 м<sup>3</sup>/ч *Фактическое время работы рабочего насосного агрегата в течение суток составляет 6-7 часов. В остальное время насос простаивает.*

2. Это подтверждает, что в ночное время в течение примерно 4-5 часов, биомасса работает в режиме избытка кислорода и голодания (когда нет притока СВ и, соответственно, нет питания для биомассы). Отсутствие притока питания и избыток кислорода приводят к *чрезмерной минерализации биомассы* и снижению эффективности работы МУБО.

Суточный почасовой приток и откачка СВ в сухую погоду 14-15 июня  
Таблица 1.

Время притока и откачки	Приток СВ, м <sup>3</sup> /ч	Приток СВ во время <small>операции</small>	Продолжит. в час.		Общий объем	Общий объем	Производи- -сть	Цикл, час
			Приток	Откачки				
13-16.30	2,15		3,5		7,53	10,8	7,1	3,5
16.30-18	-	2,15	1,5		3,23			
<b>16.30</b> -18				1,5				
18-21.05	2,08		3,0		6,24	8,26	8,8	3,5
21.05-22	-	2,08	0,92		2,02			
<b>21.05</b> -22				0,92				
22-2.20	1,51		4,30		6,5	8,77	5,8	5,2
02.20-3.50	-	1,51	1,5		2,27			
<b>20.20</b> -3.50				1,5				
03.50-7.30	1,67		3,66		6,1	9,94	4,3	5,0
07.30-9.50	-	1,67	2,3		3,84			
<b>07.30</b> -9.50				2,3				
09.50-12.10	2,44		2,3		5,61	8,05	8,0	4,8
12.10-	-	2,44	1,0		2,44			
<b>12.10</b> -				1,0				

*Примечание. Время включения насоса в работу показано в таблицах жирными цифрами.*

3. Чрезмерно завышенный объем ПР не позволяет равномерно подавать СВ на установку. Из таблицы 2 видно, что суточный приток увеличился и достиг 70 м<sup>3</sup>/сут и с 20 до 21 часа во время дождя приток превысил производительность насоса и произошел перелив. Естественно, во время дождя приток более неравномерный, он колеблется от 1,75 до 6,1 м<sup>3</sup>/ч. Цикл составил 4 часа с 24 до 5 ч. утра. Таким образом, дисбаланс режима работы модульной установки налицо. Отличие качественного состава СВ (по БПКполн) от проектного и неравномерность их поступления на установки

Суточный почасовой приток и откачка СВ НС в сухую погоду (15-16 июня) Таблица 2.

Время притока и откачки	Приток, м <sup>3</sup> /ч	Приток во время откачки м <sup>3</sup> /ч	Прод-сть в час.		Общий объем притока м <sup>3</sup>	Общий объем откачки м <sup>3</sup>	Подача насоса м <sup>3</sup> /ч	Цикл, час
			При ток а	отк ачк и				
13.10-15.40	2,76		2,5		6,9		9,6	3,5
15.40-16.40	-	2,76	1,0		2,76		6	
<b>15.40</b> -16.40				1,0		9,66		2,5
16.40-18.30	3,34		1,83		6,11		9,4	
18.30-19.30	-	3,34	1,0		3,34		4	
<b>18.30</b> -19.30				1,0		9,44		
19.30-20.35	6,04		1,05		6,34			Пер елив
20.35-21.25	-	6,04	0,83		5,01	11,35	<b>13,</b>	
<b>20.35</b> -21.25				0,83			<b>7</b>	
21.25-23.10	3,43		1,75		6,0		9,6	2,5
23.10-24.15	-	3,43	1,05		3,6			
<b>23.10</b> -24.15				1,05		9,6		
24.15-03.07	2,17		2,88		6,25		8,1	4,0
03.07-04.12	-	2,17	1,05		2,28	8,53	2	
<b>03.07.-</b> <b>04.12</b>				1,05				
04.12-06.15	3,13		2,0		6,26		6,1	3,0
06.15-7.25	-	3,13	1,1		3,44			

06.15-7.25				1,1		6,7		
07.25-9.25	1,75		2,0		3,5		4,0	3,1
09.25-10.45	-	1,75	1,5		2,62		8	
09.25-10.45				1,5		6,12		
10.45-12.45	2,65		2,0		5,3		8,0	3,3
12.45-13.45	-	2,65	1,0		2,65			
12.45-13.45				1,0		8,0		

модульного типа, привело к **дисбалансу между их производительностью по расходу и количеством их загрязнений (по БПК<sub>полн</sub>)**. Несоответствие расходов поступающих СВ и количества содержащихся в них органических загрязнений привело к значительному снижению эффективности их работы. Биомасса работает в режиме перегрузки либо в режиме голодания, реже – в нормальном режиме, что зачастую приводит к выходу из строя (установка не выполняет роли сооружения биологической очистки).

При осмотре установки были видны воздушно-волновые валы, что подтверждает наши исследования режима работы насосного и воздуходувного хозяйства. Из-за того, что компрессор рассчитан на максимальный приток СВ 19.6 м<sup>3</sup>/ч, а реальный приток составляет 1,5-3,0 м<sup>3</sup>/ч, поток буквально «бурлит». Характер аэрации должен быть равномерным по всей поверхности воды («игристость» пузырьков) без воздушно-водяных валов. При чрезмерной аэрации и интенсивности подачи воздуха больше средней, как в нашем случае, **ухудшается общее состояние прикрепленного ила из-за механического повреждения, а также разрушаются клетки микроорганизмов.**

После длительного простоя насосов в ночное время, наоборот, биомасса работает в режиме перегрузки, когда не взмучивается осадок, и насос, захватывая слежавшийся осадок с повышенной концентрацией загрязнений по БПК и по ВВ, закачивает их на установку, заливая и ее. *Отсюда следует, что несоответствие режима работы насосной станции и модульной установки по выше изложенным причинам в сочетании с непрофессиональной эксплуатацией существенно повлияли на качество очистки СВ, что подтверждается анализами.*

В результате исследований были сформулированы **основные принципы проектирования насосно-приемных резервуаров нового типа:**

1. Горизонтальная часть днища резервуара должна иметь минимальные размеры и располагаться непосредственно под входным отверстием насоса.

2. Сопряжение вертикальных стенок с днищем внутри резервуара должно выполняться через поверхность, угол наклона которой к горизонтали принимается не менее  $60^\circ$  для шероховатых (бетонных) и не менее  $45^\circ$  для гладких (полимерных) поверхностей.

3. Расстояние от горизонтальной части днища резервуара до входного отверстия насоса (насосов) должно быть не более  $1/2$  диаметра входного отверстия. Кроме того, допущены нарушения по пунктам требований паспорта насоса: п.3., п.6., п.9., п.7.1., п.7.1.1. в которых сказано: что место установки насоса, должно быть защищено от замерзания; рабочее колесо «VORTEX» способно обеспечить подачу твердых материалов диаметром до 40мм (при отсуствии волокнистых твердых материалов, таких, как трава, листья и ткани); – рекомендуемая частота включений: 20 включений в час; на напорных линиях перед обратным клапаном следует предусматривать отверстие диаметром 4 мм для удаления воздуха после простоя насоса. Вопреки перечисленным требованиям, емкость резервуара определялась без учета частоты включений насоса, режим работы насосов не соответствует паспортным данным, здание насосной станции построено *открытого типа*, и осенью - листва, а зимой - снег попадают в резервуар и в установку.

#### **Выводы:**

1. В данной работе на реальном объекте установлено, что несоблюдение норм и правил проектирования насосных станций с погружными насосами зарубежного производства, которые подают СВ на очистку модульной установки, существенно влияет на процесс очистки и эффективность их работы.

2. Принципы конструирования канализационных насосных станций для малых населенных мест должны учитывать большее число факторов по сравнению с водопроводными НС. Поэтому представляют большой интерес изучение особенностей их исполнения и в части новых актуальных разработок.

1. Березин С.Е., Чернота М.З. Минимизация размеров малых канализационных насосных станций с погружными насосами // Водоснабжение и санитарная техника, 2005. №11.



2. Березин С.Е. Насосные станции с погружными насосами. Расчеты и конструирование.
3. Николова Р.А. Комплектные насосные станции, // «Вісник», 2010. №37.
4. Хоружий В.П., Николова Р.А., Аксенова И.Н. Некоторые особенности проектирования малых КНС с погружными насосами // Вісник, 2011 №41 с.318-324
5. Николова Р.А. Реконструкция очистных сооружений коммунального учреждения ГКИБ г.Одесса, «Вісник», 2012 №44 с.220-225
6. Николова Р.А. Влияние режима работы НС с погружными насосами на эффективность биологической очистки СВ // «Вісник», 2012г №45 с.169-176
7. Дзюба В.В. Л.И. Алферова Модернизация канализационных очистных сооружений - путь к энергосбережению // Водоснабжение и санитарная техника, 2010г №2.