



Оценка Экспертно-Технологического Совета РАВВ о правильности выбора аэрационной системы

На экспертное заключение выполнено на основании запроса ООО «Энергетическое Строительство» (Исх. № 01-07/5567-ЭС22 от 27.09.2022) о рассмотрении технико-экономического обоснования (о. Белый) по объекту «Реконструкции ЦСА по адресу: Санкт-Петербург, о. Белый, д. 1 (1-й, 2-й очереди механической и биологической очистки)». На экспертизу было подано Технико-экономическое обоснование (ТЭО) выбора оборудования аэрационной системы на 51 л. в 1 экз.

Форма разработанного специалистами ООО «Энергетическое Строительство» ТЭО в основном соответствует требованиям конкурсной оценки поданных предложений.

Расчеты выполнялись в соответствии с расчетными методиками по определению:

- Стоимости владения (представлено в ТЭО);
- «Расчет и технологическое проектирование сооружений биологической очистки городских сточных вод в аэротенках с удалением азота и фосфора Д. А. Данилович, А. Н. Эпов» п. 5.13.2. «Рекомендации по выбору аэраторов».

Данный расчет по потребности в кислороде SOTR выполнен на основании заданной величины 1930,93 кгO₂/час. Поскольку массоперенос кислорода в водную среду зависит от SOTE аэраторов, количество потребного воздуха изменяется по от типа аэрационных систем:

- OTT AirRex/D-Rex/ - 19085,0 м³/час;
- Экополимер АКВА-ПЛАСТ - 17616,9 м³/час;
- Экополимер АКВА-ТОР - 18176,2 м³/час;
- Sanitare - 19085,0 м³/час.

Результат расчетов сведен в расчетный файл excel «Экспертиза ТЭО ЦСА аэрация», который прилагаем для идентификации расчетных зависимостей. В качестве комментария к материалам ТЭО представляем следующие позиции:

- 3.1. Эффективность SOTE не может быть расчетной, она определяется производителями систем аэрации в результате экспериментов;

- 3.6. Фактический расход воздуха на аэратор (м³/час) сохраняется равномерным во всех зонах аэротенка (если не регулировать расход воздуха задвижками на стояках). Раскладка аэрационных систем с понижением плотности по длине аэротенка задана вполне правильно в ТЭО, поскольку она обеспечивает минимальные объемы зон аэротенка при выполнении равновесия между OTR (скоростью переноса кислорода) и OUR (скоростью поглощения кислорода). При правильной раскладке аэрационных систем регулировать расход воздуха задвижками на стояках не требуется. При устройстве управляемых турбокомпрессоров STC-GO (68SV-GL400) возникает прецедент управляемой подачи воздуха, что пропорционально изменяет нагрузку на каждый аэрационный элемент (аэратор). Изменения подачи воздуха и изменения потребляемой мощности прямопропорциональны с учетом влияния изменений КПД в диапазоне подач;

- 3.6. С учетом предыдущей позиции термин «Фактический расход воздуха на аэратор, м³/час», заменен на «Фактический расход воздуха на зоны аэротенка, м³/час»;

- 2.1. графа АКВА-ТОР (АР-420) неправильно указано количество дисковых аэраторов АР 420-Т к установке в аэротенк. Правильное количество 1813 шт. к установке (+18 шт. запас, всего 1831 шт. в ТКП). Исходные данные содержатся в Чертеж АО «Май Проект» 22.12.2021-01-ТХ спецификация;

- В таблице 7 параметр «Суммарное расчетное энергопотребление за 10 лет, кВт» заменен на «Стоимость владения за 10 лет (ГОСТ Р 58785-2019), руб с НДС». ГОСТ Р 58785-2019 «Оценка стоимости жизненного цикла для эффективной работы систем и сооружений водоснабжения и водоотведения» рекомендует проводить конкурсы и выполнять тендерные обоснования на основании стоимости жизненного цикла СЖЦ (Прим.: В ТЭО предложен аналоговый термин «Стоимость владения»). Поскольку в ТЭО специалисты смогли разработать механизм расчета СЖЦ, логика не позволяет ограничиваться эксплуатационными затратами (стоимостью потребляемой энергии).

Далее приводим результирующие расчетные таблицы, включающие значения оценочных параметров, по форме разработанной в ТЭО в качестве обоснования расчетов.

Табл. 2. Основные данные об аэрационных системах из предложений участников

Наименование производителя		ОТТ		Экополимер		Sanitare
Наименование аэрационной ситемы		AirRex/D-Rex/Flexlon	AirRex/D-Rex/Flexsil+®	АКБА-ПЛАСТ	АКБА-ТОР	Sanitare Silver II
Тип аэратора		дисковый аэратор 9"		дисковый аэратор		дисковый диффузор
Модель аэратора		D-Rex 9"		AP-350	AP-420	Silver II
Страна происхождения		Германия		РФ/Юж. Корея	РФ	США / Польша
Критерий сравнения / № Варианта		Вариант 1.1	Вариант 1.2	Вариант 2.1	Вариант 2.2	Вариант 3
2.1.	Количество аэраторов, шт.	4840		3020	1813	6672
2.2.	Площадь активной поверхности мембраны, м2	266,2		182,4	176,6	253,5
2.3.	Средняя площадь (плотность) раскладки в % (соотношение активной поверхности мембраны с площадью днища)	9,09%		6,23%	6,03%	8,65%
2.4.	Диаметр пузырька, мм	1-3		1-3	1-3	1-3
2.5.	Средний расход воздуха на аэратор, м3/шт	3,94		5,83	10,03	2,86
2.6.	Потребный расход воздуха, м3/час	19085,0		17616,9	18176,2	19085,0
2.7.	Потребность в кислороде (SOTR), кгO2/час	1930,93		1930,93	1930,93	1930,93
2.8.	SOTE на на 1 м погружения, %	6,0		6,5	6,3	6,0
2.9.	Стоимость аэратора, руб с НДС	2 400,00	2 815,38	5 152,00	6 334,00	2 650,00
2.9а	Приведенная стоимость аэратора к комплекту аэротенка, руб с НДС	5 280,23	6 193,67	8 865,87	11 346,83	4 101,41
2.10.	Полезный срок службы, лет	12		10	10	8
2.11.	Капитальные затраты на устройство системы аэрации (стоимость комплекта на 1 аэротенк), руб с НДС	25 556 314,13	29 977 377,45	26 774 914,00	20 333 527,00	27 364 635,74

Дополнительные сведения об аэрационных системах						
2.12.	Материал диспергирующей мембраны	Flexporm Эластомер EPDM	Flexlon Силикон	PEEK полиэфиркетон	EPDM	Запатентованная смесь Sanitaire EPDM
2.13.	Область применения	хозяйственно-бытовые сточные воды	хозяйственно-бытовые и промышленные сточные воды	хозяйственно-бытовые сточные воды, целлюлозно-бумажной, молочной, нефтеперерабатывающей промышленности, производство газированных напитков	хозяйственно-бытовые и промышленные сточные воды	Аэротенки, стандартно активированный ил, MBR, SBR, окислительные каналы, канальная аэрация
2.14.	Дополнительные особенности	материал препятствует образованию отложений на поверхности мембраны	FLEXSIL+® обладает всеми техническими преимуществами мембран FLEXSIL® и FLEXLON®, а также имеет гладкую поверхность, обеспечивающую антистатическое действие, что дополнительно препятствует образованию отложений на поверхности аэратора	противостоит адгезии осадков		

2.15.	Оптимальный диапазон производительности (пропускной способности) одного аэратора, м3/час	0,5-10,0	4,2-10,0	5,0-15,0	0,8-7,0
2.16.	Наружный диаметр аэратор, мм/"	228,6 / 9"	350	420	228,6 / 9"
2.17.	Площадь активной (перфорированной) поверхности мембраны одного аэратора, м2	0,0550	0,0604	0,0985	0,0380
2.18.	Размер перфорации, мм	0,8	нет данных	нет данных	нет данных

Таблица 3. Результаты проверочных расчетов предложений участников

Критерий сравнения / № Варианта			Вариант 1.1 и 1.2	Вариант 2.1	Вариант 2.2	Вариант 3
3.1.	Фактическое количество аэраторов согласно представленным схемам раскладки, шт	зона 4	1240	1034	583	1568
		зона 5	1040	752	420	1568
		зона 6	960	608	328	1568
		зона 7	760	350	206	1140
		зона 8	840	276	276	828
	Итого фактическое количество аэраторов, шт.		4840	3020	1813	6672
3.2.	Расчетная фактическая площадь активной поверхности мембраны согласно схеме раскладки, м2		266,2	182,4	176,6	253,5
3.3.	Расчетная фактическая площадь (плотность) раскладки в % (соотношение активной поверхности мембраны с площадью днища)	зона 4	12,65%	11,58%	10,53%	11,05%
		зона 5	10,64%	8,45%	7,61%	11,08%
		зона 6	9,79%	6,81%	5,92%	11,05%
		зона 7	7,84%	3,97%	3,77%	8,13%
		зона 8	5,92%	2,14%	3,45%	4,03%
	Средняя расчетная фактическая плотность раскладки в %		9,09%	6,23%	6,03%	8,65%
3.4.	SOTE, %/м		6,0	6,5	6,3	6,0
3.5.	Суммарный фактический расход воздуха для обеспечения SOTR 1930,93 кгO2/ч, м3/час		19085,0	17616,9	18176,2	19085,0
3.6.	Фактический расход воздуха на зоны аэротенка, м3/час	зона 4	4889,5	6031,8	5844,9	4485,2
		зона 5	4100,9	4386,7	4210,7	4485,2
		зона 6	3785,5	3546,7	3288,4	4485,2
		зона 7	2996,8	2041,7	2065,2	3260,9
		зона 8	3312,3	1610,0	2767,0	2368,5
	Средний фактический расход воздуха на аэратор, м3/час		3,94	5,83	10,03	2,86

Таблица 4. Расчет потребляемой ЭЭ на примере одного аэротенка

Критерий сравнения / № Варианта		Вариант 1.1 и 1.2	Вариант 2.1	Вариант 2.2	Вариант 3
4.1.	Максимальная производительность компрессора STC-GO (68SV-GL400), м3/час	32669			
4.2.	Потребляемая мощность STC-GO (68SV-GL400), максимальная, кВт/час	672			
4.3.	Минимальная производительность компрессора STC-GO (68SV-GL400), м3/час	14697			
4.4.	Потребляемая мощность STC-GO (68SV-GL400), минимальная, кВт/час	321			
4.5.	Усредненная расчетная величина потребления электроэнергии, кВт/Н м3	0,019530381			
4.6.	Суммарное расчетное энергопотребление кВт·ч/год	3 265 180	3 014 013	3 109 695	3 265 180
4.7.	Суммарное расчетное энергопотребление за 10 лет, кВт·ч	32 651 802	30 140 125	31 096 955	32 651 802
4.8.	Стоимость потребления ЭЭ при тарифе 4 руб за кВт*ч, руб.	130 607 210	120 560 501	124 387 819	130 607 210

Таблица 5. Стоимость устройства опусков

Критерий сравнения / № Варианта		Вариант 1.1 и 1.2	Вариант 2.1	Вариант 2.2	Вариант 3
5.1.	Количество решеток (стояков) на 1 аэротенк, шт.	10	23	22	11
5.2.	Капитальные затраты на устройство опусков, руб с НДС	3 305 481,60	Входят в ТКП № Арх. №174/21	Входят в ТКП № Арх. №173/21	3 636 029,76

Таблица 6. Итоговый расчет - Стоимость владения за 10 лет

Критерий сравнения / № Варианта		Вариант 1.1	Вариант 1.2	Вариант 2.1	Вариант 2.2	Вариант 3
6.1.	Капитальные затраты на устройство системы аэрации (стоимость комплекта на один аэротенк), руб с НДС	25 556 314,13	29 977 377,45	26 774 914,00	20 333 527,00	27 364 635,74
6.2.	Капитальные затраты на устройство опусков, руб с НДС	3 305 481,60		Входят в п. 6.1. (ТКП № Арх. №173/21)	Входят в п. 6.1. (ТКП № Арх. №174/21)	3 636 029,76
6.3.	Капитальные затраты на устройство системы аэрации (стоимость комплекта на один аэротенк) включая опуски, руб с НДС	28 861 795,73	33 282 859,05	26 774 914,00	20 333 527,00	31 000 665,50
6.4.	Экономический эффект (капитальные затраты+стоимость затрат на потребление электроэнергии)	159 469 005	163 890 069	147 335 415	144 721 346	161 607 875

1.7. Общие выводы

Исходя из вышеизложенного была составлена сравнительная таблица 7 для определения наилучшего варианта системы аэрации. По каждому ключевому показателю были проставлены баллы от 1 до 6, где 6 – наибольший, 1 – наименьший.

1	2	3	4	5	6
---	---	---	---	---	---

Таблица 7. Сравнение вариантов системы аэрации

Параметр	Вариант 1.1-1.2	Вариант 2.1	Вариант 2.2	Вариант 3
Количество аэраторов	4840	3020	1813	6672
	2	5	6	1
Площадь активной (перфорированной) поверхности мембраны одного аэратора, м2	0,0550	0,0604	0,0974	0,0380
Площадь активной поверхности мембраны, м2	266,2	182,4	176,6	253,5
Средняя площадь (плотность) раскладки в % (соотношение активной поверхности мембраны с площадью днища)	9,09%	6,23%	6,03%	8,65%
	5	2	1	4

Диаметр пузырька, мм	1-3	1-3	1-3	1-3
Потребность в кислороде, кгО2/ч	1930,93	1930,93	1930,93	1930,93
SOTE на 1 м погружения, %	6,0	6,5	6,3	6,0
	4	6	5	4
Потребный расход воздуха, м3/час	19085,0	17616,9	18176,2	19085,0
	4	6	5	4
Средний расход воздуха на аэратор, м3/час на шт.	3,94	5,83	10,03	2,86
Оптимальный диапазон производительности (пропускной способности) одного аэратора, м3/час	0,5-10,0	4,2-10,0	5,0-15,0	0,8-7,0
Диапазон регулирования ±40%	5	5	6	5
Полезный срок службы, год	12	10	10	8
	6	5	5	1
Стоимость владения за 10 лет (ГОСТ Р 58785-2019), руб с НДС	159 469 005 163 890 069	147 335 415	144 721 346	161 607 875
	3	5	6	3
Страна производитель	Германия	РФ/Юж. Корея	РФ	США/Польша
	1	2	6	1
Референц лист внедрения в РФ	2	5	6	1
ИТОГО:	32	41	46	24

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Итоги выполненной оценки

1. По разделам 1.7 (Таблица 7. Сравнение вариантов системы аэрации) и таблица 6 (Итоговый расчет - Стоимость владения за 10 лет) итоговые места конкурсантов-претендентов распределяются следующим образом:

Итоговое место претендента	Наименование производителя и товара	Итоговые баллы	Стоимость владения за 10 лет, руб с НДС
1	Экополимер АКВА-ТОР (Вар-т 2.2)	46	144 721 346
2	Экополимер АКВА-ПЛАСТ (Вар-т 2.1)	41	147 335 415
3	ОТТ AirRex/D-Rex/Flexlon (Вар-т 1.1)	32	159 469 005
4	ОТТ AirRex/D-Rex/Flexsil+® (Вар-т 1.2)	32	163 890 069
5	Sanitare Silver II (Вар-т 3)	24	161 607 875

2. В настоящее время возможность поставки импортного товара изменяется практически ежедневно. Целесообразно подтвердить к настоящему моменту возможность поставки импортных систем аэрации.
3. К сожалению, в настоящее время не представляется возможным оценить риски по поставкам запасных частей (мембран) на замену (частичную и полную) в перспективе. Однако, это потребуется по отношению к раскладкам и конструкции представленных систем аэрации и подлежащих креплению к железобетонным резервуарам. С этой точки зрения отечественный производитель аэрационных систем выглядит предпочтительнее.
4. Вариант 2.2 – демонстрирует лучшие показатели по большинству ключевых параметров при наименьшем количестве аэраторов демонстрирует высокое значение SOTE (6,3%). При расчетном количестве подачи воздуха нагрузка на аэраторы находится по середине рабочего диапазона, что дает возможность регулировать подачу воздуха в максимально возможном диапазоне. Данная система аэрации наиболее энергоэффективная. Она имеет самый большой референс-лист в РФ, используется в том числе на ОСК в водоканалах г. Москва, Нижний Новгород, Ульяновск, Екатеринбург и др.
5. Варианты 1.1-1.2 имеют наибольший полезный срок службы 12 лет. SOTE (6,0%) на уровне требований ТЗ, при этом имеют повышенную стоимость владения, чем вариант 2.2. Данные варианты не содержат графика SOTE от расхода воздуха.
6. Вариант 3 – обеспечивает стоимость владения и SOTE на уровне Вариантов 1.1-1.2. Данный вариант не содержит графика SOTE от расхода воздуха. Эксперты не имеют права изменять корпоративные оригиналы таблиц (в ТКП), полученные расчетным способом с не представленными зависимостями. Однако, исходная глубина иловой смеси / погружение аэраторов ошибочно указаны 5,4/ 5,15 м. Натурная глубина иловой смеси аэротенка составляет 6,0 м. Данный вариант требует переработки и относится к самой «проблемной» поставке - США / Польша.

7. Вариант 2.1 имеет высокий SOTE (6,5 %) достаточно крупный в диаметре (350 мм), корпус изготовлен в РФ, но снабжен перфорированной мембраной из Ю. Кореи. Вариант не плохой, но уступает варианту 2.2.
8. Аналоговое использование отечественных аэраторов АР-420Т на блоке 500 тыс. м³/сут АО «Мосводоканал» позволило повысить эффективность использования кислорода на 30%, увеличить надежность работы блока по сравнению с использованием импортных аэраторов AQUASTRIP австрийского производства (Данилович Д. А. Опыт совершенствования и оценки эффективности аэрационных систем // ВСТ №01, 2015, с. 38-51. Статью прилагаем).

Представленное специалистами ООО «Энергетическое Строительство» ТЭО, в основном соответствует требованиям конкурсной оценки поданных предложений. Форма ТЭО была принята за основу к расчетам параметров аэрационных систем.

Представленные расчеты и риски, связанные с поставками импортных систем аэрации, свидетельствуют о преимуществе выбора отечественного поставщика «Май-проект» по ТКП Арх. №173/21 (Экополимер, АКВА-ТОР, Вар-т 2.2, раскладка систем аэрации и спецификация на чертеже АО «Май Проект» 22.12.2021-01-ТХ) для поставок на объект ЦСА по адресу: Санкт-Петербург, о. Белый, д. 1 (1-й, 2-й очереди механической и биологической очистки).

Руководитель секции ЭТС РАВВ
«Энергоэффективность сооружений и систем
водоснабжения и водоотведения. Системы
управления», д.т.н., проф.



В.И. Баженов