

СЕКЦИЯ № 5. НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ И ДИАГНОСТИКА В ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ И СОЦИАЛЬНОЙ СФЕРАХ

Исследование датчиков pH и удельной электрической проводимости фирмы WTW в системе автоматизированного контроля качества очистки сточных вод

Хуснулина А.Л.
alenaxyc@gmail.com

Научный руководитель: к.ф.-м.н., Сазонов Р.В., Лаборатория №1 ИФВТ ТПУ

Введение. В современном мире большое внимание уделяется экологической сфере. И предприятия, активно использующие водный ресурс в своих производственных процессах, перед сбросом сточных вод должны снижать концентрацию вредных веществ до уровня ПДК нормативов качества воды. При этом не менее важным является сопровождающий процесс – контроль качества очистки хозяйственно-бытовых сточных вод.

Контроль за работой очистных сооружений и сбросом сточных вод необходим для предупреждения и прекращения загрязнения водных объектов сточными водами, очищенными в недостаточной степени или вовсе не очищенными [1, 4].

Томский политехнический университет нацелен на разработку системы непрерывного контроля качества очистки сточных вод комплексом, разрабатываемым на базе университета.

В настоящей работе будет приведено исследование датчиков водородного показателя (pH) и удельной электрической проводимости (далее – УЭП).

Контролируемые показатели

Требования Перечня рыбохозяйственных нормативов: предельно допустимые концентрации (далее – ПДК) и ориентировочно безопасные уровни воздействия вредных веществ для воды водных объектов, имеющих рыбохозяйственное значение, являются самыми строгими в отношении качества воды. В этих документах перечислен 1071 показатель [3]. Однако для непрерывного отслеживания качества очистки хозяйственно-бытовых сточных вод на традиционных очистных сооружениях обычно контролируют такие показатели, как *взвешенные вещества, БПК/ХПК, pH, нитраты, фосфаты, аммоний, нефтепродукты, растворенный кислород, УЭП* [2, 4].

Лабораторией №1 ИФВТ ТПУ разрабатывается комплекс очистки промышленных и хозяйственно-бытовых сточных вод. На рисунке 1 приведена блок-схема стадий очистки сточных вод.

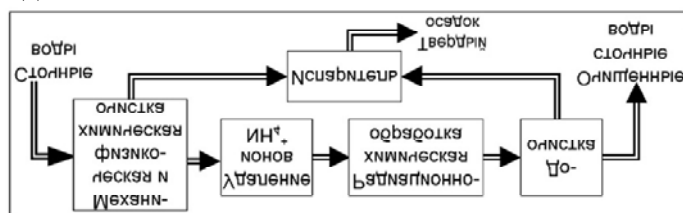


Рисунок 13. Блок-схема стадий очистки сточных вод

Опираясь на мировой опыт контроля качества очистки сточных вод, результаты мониторинга состава исходных сточных вод, технологическую схему комплекса очистки и ПДК Перечня рыбохозяйственных нормативов, было принято решение о выборе на первом этапе разработки именно этих показателей. Учитывая технологические особенности системы, предложено расположить точки контроля по ходу очистки [5].

Подбор оборудования

Мониторинг состава неочищенных хозяйственно-бытовых сточных вод и ПДК Перечня рыбохозяйственных нормативов позволил определить пределы измерения, которыми должно обладать оборудование (таблица 1). Кроме того, к системе выдвинуто требование о том, что срок необслуживаемости должен составлять не менее трех месяцев.

Таблица 1. Пределы изменения показателей в анализируемой воде

№	Показатель	Нижний предел измерений	Верхний предел измерений	ПДК Перечня рыбохозяйственных нормативов
1	Мутность (взвешенные частицы), мг/л	1,5	300	-
2	Аммоний NH ₄ ⁺ , мг/л	0,1	100	0,5
3	ХПК, мг/л	15	1000	30
4	Хлориды Cl ⁻ , мг/л	150	300	300
5	Нитраты NO ₃ ⁻ , мг/л	0,08	2	40
6	Фосфат-ион PO ₄ ³⁻ , мг/л	0,1	20	0,1
7	pH	0	12	6,5-8,5
8	Нефтепродукты	0,05	9	0,05
9	УЭП	-	-	-

В дальнейшем планируется определить зависимость УЭП от сухого осадка, поэтому пределы измерения на данном этапе не задаются. ПДК сухого осадка 1000 мг/л. ПДК взвешенных веществ определяется как 0,25 мг/л к фоновому содержанию взвешенных веществ, так для реки Киргизка ПДК составит порядка 86,25 мг/л с погрешностью ±7 мг/л. Для реки Томь ПДК составит 26,25 мг/л с погрешностью ±4 мг/л.

В ходе исследования рынка аналитического оборудования, было выявлено, что промышленное оборудование решает задачи, которые не ставятся перед лабораторным оборудованием. Так промышленное оборудование должно иметь систему пробоподготовки, если это необходимо, и систему самоочистки, во избежание загрязнений при длительном нахождении в среде.

Первичный обзор рынка позволил отобрать ряд приборов в разной степени удовлетворяющих выставленным требованиям. Далее из этого оборудования были выбраны приборы фирм WTW и Hach Lange, поскольку оборудование этих фирм имеет систему самоочистки, обеспечивающую срок необслуживаемости оборудования 3 месяца [6, 7].

Опыт и практика использования оборудования фирм WTW и Hach Lange на очистных сооружениях показали, что датчики фирмы WTW лучше приспособлены к неблагоприятным условиям среды – очищенной сточной воде, в которой они должны

находиться для выполнения измерений. Обладая более совершенной системой самоочистки, оборудование может дольше работать без вмешательства оператора и способно выполнять более точные измерения. Руководствуясь полученной информацией, для системы контроля качества очистки сточных вод было выбрано оборудование фирмы WTW.

Кроме того, фирма WTW поставляет контроллеры, предназначенные для подключения до 20 датчиков. Большое количество портов позволяет расширять систему без приобретения дополнительных контроллеров. Использование датчиков и контроллера одной фирмы поможет избежать проблем совместимости интерфейсов.

Таблица 2 – Характеристики датчиков pH и УЭП фирмы WTW

№	Оборудование	Показатель		Предел измерения	Погрешность измерений
		единица измерения	ПД К		
1	SensoLyt 700 IQ	pH	6,5-8,5	2 ... 12	0,03
2	TetraCon 700 IQ	УЭП, мСм/см	-	0,01 ... 500	3 %

Датчик pH SensoLyt 700 IQ

Датчик pH SensoLyt 700 IQ предназначен для непрерывного измерения pH в жестких условиях. Датчик состоит из погружного корпуса со встроенным предусилителем и соответствующим pH электродом, встроенная функция SensorCheck позволяет определить повреждение электрода. Конструкция датчика изображена на рисунке 2. На рисунке 3 представлено реальное фото датчика pH.

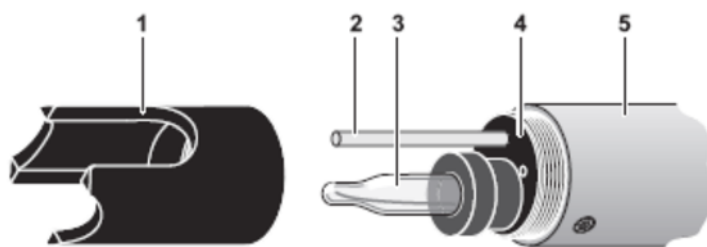


Рисунок 2 – Конструкция датчика SensoLyt 700 IQ

1 – Защитный колпак; 2 – Температурный зонд; 3 – Комбинированный; 4 – Держатель электрода; 5 – Стержень



Рисунок 3 – Фотография датчика SensoLyt 700 IQ

Для калибровки датчиков были наведены калибровочные растворы со значениями рН 1.65, 4.01, 6.86 и 9.18 на основе стандарта-титра. На полученных растворах была выполнена калибровка лабораторного рН-метра, в качестве которого был использован анализатор жидкости ЭКСПЕРТ-001, производства «Эконикс Эксперт». Калибровка промышленного датчика рН SensoLyt 700 IQ, производства фирмы WTW, была выполнена по двум точкам: 6.86 и 9.18 с помощью процедуры калибровки CAL CON 2P, которая предусматривает использование любых двух различных буферных растворов. Затем были выполнены измерения всех калибровочных растворов датчиком SensoLyt 700 IQ и лабораторным рН-метром. Результаты измерений представлены в таблице 1. Время получения показаний на промышленном датчике составило порядка 5-10 минут, на лабораторном датчике – 2-3 минуты.

Таблица 1. Результаты проверки абсолютной погрешности измерений рН.

№	Значение рН воспроизводимое буферным раствором	<i>Промышленный датчик рН SensoLyt 700 IQ</i>				<i>Лабораторный рН-метр ЭКСПЕРТ-001</i>			
		Показания	Результат измерения	Абсолютная погрешность измерения	Допустимая абсолютная погрешность измерения	Показания	Результат измерения	Абсолютная погрешность измерения	Допустимая погрешность измерения
1.1	1,65	1,655	1,654	0,005	0,030	1,66	1,66	0,01	0,05
1.2		1,655				1,66			
1.3		1,655				1,65			
2.1	4,01	4,003	4,005	-0,007	0,030	3,99	3,98	-0,03	0,05
2.2		4,003				3,98			
2.3		4,003				3,98			
3.1	6,86	6,833	6,840	-0,027	0,030	6,86	6,86	0,00	0,05
3.2		6,833				6,86			
3.3		6,834				6,86			
3.4	9,18	9,151	9,158	-0,029	0,030	9,18	9,18	0,00	0,05
3.5		9,150				9,18			
3.6		9,151				9,18			

Экспериментальные данные подтверждают корректность измерения рН промышленным датчиком. Сравнение абсолютных погрешностей измерений при равных значениях рН, воспроизводимых буферным раствором показывает, что измерения не превосходят допустимых значений.

Датчик TetraCon 700 IQ

Отличительной особенностью датчика УЭП TetraCon 700 IQ является использование отдельных пар электродов, для уменьшения влияния поляризационных эффектов на результат измерения. В процессе измерения определяется электрический ток, который прямо пропорционален количеству свободных ионов в электролите. Затем исходя из значения константы ячейки

рассчитывается проводимость раствора. Устройство датчика УЭП TetraCon 700 IQ представлено на рисунке 4.

Для исследования датчика TetraCon 700 IQ, производства фирмы WTW, были использованы растворы ГСО со значениями проводимости: 110.2, 294.9, 1411, 3000 и 4000 мкСм/см. Результаты измерений промышленного датчика TetraCon 700 IQ, производства фирмы WTW и лабораторного ЭКСПЕРТ-002, производства «Эконикс Эксперт» приведены в таблице 2.

Калибровка промышленного датчика УЭП заключалась в установлении значения постоянной ячейки по известному значению проводимости раствора. Это обусловлено тем, что результат измерений датчиком существенно зависит от удаленности самого датчика от стенок емкости, в которой производятся измерения. Изначально в память датчика внесено стандартное значение постоянной ячейки $0,917 \text{ см}^{-1}$, для которого расстояние от датчика до стенок емкости и ее дна должно составлять более 5 см. В рассматриваемой работе был использован химический стакан объемом 250 мл, в соответствии с этой емкостью значение постоянной ячейки датчика было изменено на $0,952 \text{ см}^{-1}$.

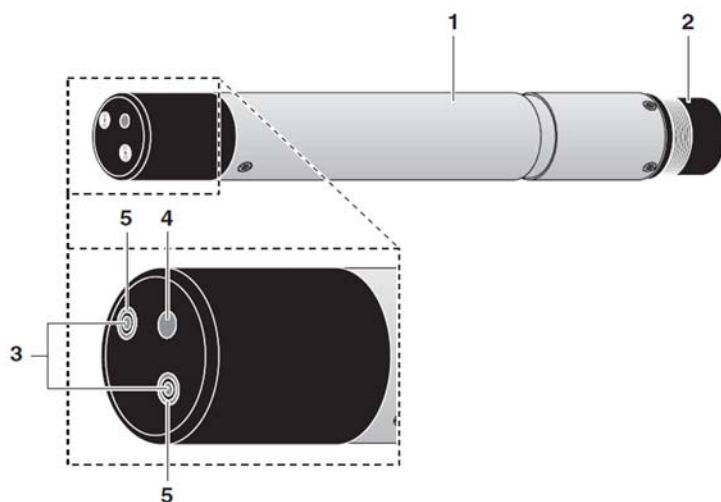


Рисунок 4 – Основные элементы конструкции датчика TetraCon 700 IQ

1 – Корпус; 2 – Разъем для подключения кабеля;
3 – Управляющие электроды (напряжение); 4 – Датчик температуры;
5 – Измерительные электроды (токовые, в виде колец)



Рисунок 5 – Фотография датчика TetraCon 700 IQ

Таблица 2. Результаты проверки приведенной погрешности измерений проводимости.

№	УЭП Значение воспроизводимое раствором, мкСм/см	Промышленный датчик Teracon 700 IQ				Лабораторный кондуктометр ЭКСПЕРТ-002				
		Показания, мкСм/см	Результат измерения, мкСм/см	Приведенная погрешность измерения, %	Допустимая приведенная погрешность измерения, %	Показания, мкСм/см	Результат измерения, мкСм/см	Приведенная погрешность измерения, %	Допустимая приведенная погрешность измерения, %	
.1	110,	109, 5	9	-0,15	3,00	113	2	11	0,90	2,00
.2		110, 0				111				
.3		110, 2				112				
.1	294,	294	9	0,01	3,00	298	0	30	0,27	2,00
.2		294				303				
.3		297				300				
.1	141	142 8	3	1,08	3,00	1421	18	14	0,35	2,00
.2		143 5				1415				
.3		143 5				1418				
.1	300	305 0	0	0,30	3,00	3009	07	30	0,04	2,00
.2		307 0				3005				
.3		306 0				3008				
.1	400	405 0	3	0,27	3,00	4011	11	40	0,06	2,00
.2		406 0				4013				
.3		405 0				4009				

Как видно из таблицы 2, приведенные погрешности полученных результатов не превышают допустимых значений, что свидетельствует о корректной работе промышленного датчика. Время получения показаний на промышленном датчике составило порядка 10-15 минут, на лабораторном датчике – 2-5 минуты.

Промышленный датчик выполняет усреднение по большому количеству измерений, поскольку значения измеряемых параметров изменяются менее существенно, нежели при измерении лабораторным датчиком отдельных проб. В этом их принципиальное различие.

Заключение

Непрерывный контроль качества очистки сточных вод с длительным сроком необслуживаемости является достаточно сложной задачей. На данный момент, российский рынок аналитического оборудования не может предложить оборудование для промышленного анализа, удовлетворяющего выдвинутым требованиям.

В настоящей статье представлены результаты исследования датчиков рН и УЭП, которые показали, что датчики работают корректно. В последующем планируется провести аналогичные исследования для остальных датчиков. Далее система непрерывного контроля качества очистки будет отлажена и запущена в работу на промышленном образце комплекса очистки промышленных и хозяйственных стоков.

Список использованных источников:

1. ВОЗ. Деградация экосистем угрожает здоровью людей. Электронный ресурс. URL: <http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2005/pr67/ru/> (Дата обращения 21.03.2015г.)
2. Методы очистки сточных вод. Электронный ресурс. URL: <http://voda96.com/методы-очистки-сточных-вод.html> (Дата обращения 21.03.2015г.)
3. Нормативы качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативы предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения. Электронный ресурс. URL: <http://fish.gov.ru/lawbase/Documents/Изданные/100020a.pdf> (Дата обращения 21.03.2015г.)
4. Очистка сточных вод. Электронный ресурс. URL: <http://aquantum-eco.ru/index.php/tekhnologii.html> (Дата обращения 21.03.2015г.)
5. Хуснулина А. Л. Выбор показателей для проверки эффективности очистки хозяйственно-бытовых сточных вод // Ресурсоэффективным технологиям – энергию и энтузиазм молодых: сборник научных трудов V Всероссийской конференции студентов элитного технического образования, Томск, 25-27 Марта 2014. – Томск: Изд-во ТПУ, 2014 – С. 36-38.
6. Экрос-Инжиниринг. Электронный ресурс. URL: <http://ingecros.ru/> (Дата обращения 27.03.2015г.)
7. Экоинструмент. Электронный ресурс. URL: <http://www.ecoinstrument.ru/> (Дата обращения 27.03.2015г.)

Рентгеновские досмотровые комплексы с функцией идентификации веществ объектов контроля и их фрагментов методом дуальных энергий

Абашкин А.Д., Жантыбаев А.А.
anthony.abashkin@gmail.com, drlivesey1305@gmail.com

Научный руководитель: к.т.н., доцент Осипов С.П., НИ ТПУ

Для эффективного проведения мероприятий в области безопасности в наши дни эффективно используются рентгеновские досмотровые комплексы, представляющие собой системы цифровой радиографии. Рентгеновские досмотровые комплексы применяются для решения широкого круга задач [1]: поиска и обнаружения взрывчатых веществ и взрывных устройств, досмотра багажа и ручной клади в аэропортах и на таможенных пунктах пропуска, досмотр транспортных средств в целях обнаружения предметов, запрещенных к перевозке, и т. д.

По физическому принципу получения информации о характеристиках исследуемого объекта радиометрический контроль может быть разделен на два принципиально разных направления [2]: измерение параметров прошедшего сквозь