

дифицируя их с учетом особенностей происходящих физических процессов в каждой из них. Таким образом, проблема описания полного цикла работы аэротенка и вторичного отстойника может быть разбита, по крайней мере, на четыре отдельные задачи. Каждую из них можно описать и решить в более простых моделях, учитывая необходимость согласования результатов расчетов на стыке фаз. В заключение отметим, что идея разбиения всех процессов на отдельные фазы была использована, в частности, в [11], где предложены простейшие системы уравнений интегрального типа для трех фаз: регенератора, как отдельного сооружения, аэротенка (без разбиения на фазы) и вторичного отстойника.

1. СанПиН №4630-88. Охрана поверхностных вод от загрязнения. – М.: Стройиздат, 1988. – 119 с.
2. СНиП 2.04.03-85. Канализация. Наружные сети и сооружения. – М.: Стройиздат, 1985. – 75 с.
3. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2006 році. – К., 2007. – 236 с.
4. Таварткіладзе І.М., Федорець М.В., Чібіряков В.К. Розрахунок балансового рівняння для визначення віку біоценозу // Науково-практичні проблеми моделювання та прогнозування надзвичайних ситуацій: Зб. наук. пр. Вип.5. – К., 2002. – С.115-118.
5. Вавилин В.А., Васильев В.Б. Математическое моделирование процессов биологической очистки сточных вод активным илом. – М.: Наука, 1979. – 119 с.
6. Брагинский Л.Н. и др. Моделирование аэрационных сооружений для очистки сточных вод. – Л.: Химия, 1980. – 144 с.
7. Вавилин В.А. Нелинейные модели биологической очистки и процессов самоочищения в реках. – М.: Наука, 1983. – 158 с.
8. Вавилин В.А. Обобщенная модель и механизм аэробной биологической очистки // ДАН СССР. – 1981. – №5. Т.258. – С.1269-1273.
9. Яковлев С.В., Воронов Ю.В. Водоотведение и очистка сточных вод. – М.: АСВ, 2002. – 704 с.
10. Вольтерра В. Математическая теория борьбы за существование. – М.: Наука, 1976. – 288 с.
11. Олійник О.Я., Зябліков С.М. Особливості моделювання очистки стічних вод у системі аеротенк-відстійник-регенератор // Проблеми водопостачання, водовідведення та гідраліки: Зб. наук. пр. Вип.4. – К., 2005. – С.46-53.
12. Карюхина Т.А., Чурбанова И.Н. Химия воды и микробиология. – М.: Стройиздат, 1995. – 208 с.

Получено 15.02.2008

УДК 628.193

Е.Н.РЕПКО

КП «ПТП «Вода», г.Харьков

РАСЧЕТ ВЕРОЯТНОСТИ ПРЕВЫШЕНИЯ ПДК ХЛОРОФОРМА, ОБРАЗУЮЩЕГОСЯ ПРИ ХЛОРИРОВАНИИ В ПИТЬЕВОЙ ВОДЕ

Собраны исходные данные и разработана методика расчета вероятности превы-

шения ПДК хлороформа, образующегося в питьевой воде поверхностных вод после хлорирования.

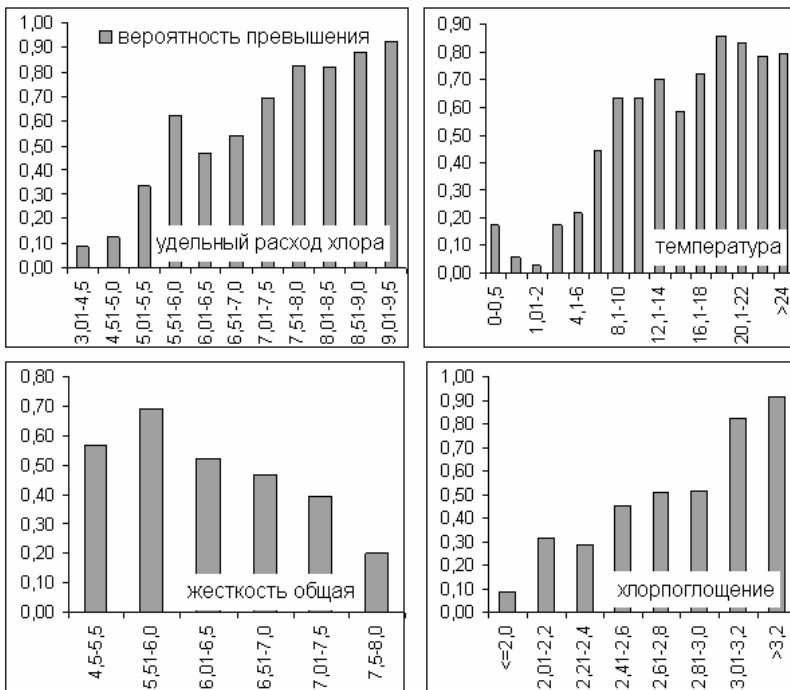
ДержСанПиНом «Вода питна...» [1], регламентирующим качество питьевой воды, предписывается контроль за содержанием многих параметров, которые не были предусмотрены в ГОСТ «Вода питьевая», в том числе и хлорорганических соединений, образующихся в результате хлорирования воды. В связи с этим перед многими предприятиями водоснабжения остро встала проблема содержания в воде хлороформа, концентрация которого согласно новым нормативам должна быть не более 60 мкг/дм³. Однако при хлорировании вод поверхностных источников, содержащих большое количество органических веществ, соблюсти эту норму бывает очень сложно, особенно в летне-осенний период.

В литературе уже существует несколько моделей для количественного расчета концентрации хлороформа в питьевой воде после хлорирования [2-4]. Однако не всегда требуется количественная оценка. Для технологического процесса водоподготовки более важно знать, будет ли концентрация хлороформа при известных параметрах качества исходной воды и установленной дозе добавляемого хлора превышать норму, или нет. Поэтому нами была разработана модель, позволяющая оценить вероятность превышения нормы концентрацией образующегося хлороформа.

Для этого нами были проведены многолетние измерения концентрации образующегося хлороформа, а также параметров, от которых эта концентрация наиболее зависит. Выбор факторов, влияющих на концентрацию образующегося хлороформа, проводился на основе литературных данных, а затем уточнялся с помощью корреляционного анализа [5]. Таким образом, в качестве наиболее влияющих факторов нами были приняты температура исходной воды, доза хлора, жесткость исходной воды и хлорпоглощение как показатель, определяющий содержание в исходной воде органических веществ, способных вступать в реакцию с хлором. Наглядно их влияние на концентрацию хлороформа можно проиллюстрировать графиками, отображающими вероятность превышения ПДК хлороформа при различных значениях влияющих показателей (рисунок).

Как видно из приведенных диаграмм, чем больше температура, хлорпоглощение исходной воды и доза хлора, тем выше вероятность того, что концентрация хлороформа превысит ПДК, и чем больше общая жесткость исходной воды, тем эта вероятность меньше.

Однако, как определить вероятность превышения, учитывая все эти влияющие факторы?



Диаграммы распределения вероятности превышения ПДК хлороформа в зависимости от влияющих параметров

Определим вероятность того, что при хлорировании воды с определенной температурой, жесткостью и хлорпоглощением известной дозой хлора концентрация полученного хлороформа не будет превышать ПДК.

Установим объем выборки (количество измерений) – 585. Из них превышающих ПДК (>ПДК) – 309, не превышающих (<ПДК) – 276. Каждому из этих значений концентрации хлороформа соответствуют некоторые значения температуры, удельного расхода хлора, жесткости и хлорпоглощения.

Разобьем интервал значений, принимаемых каждым из признаков, на несколько интервалов (как это было показано на диаграммах) и установим количество соответствующих им значений концентрации хлороформа, превышающих и не превышающих ПДК. Например, по признаку «температура» (признак А) в интервале от 0 до 0,5°C находится 64 значения; им соответствует 64 значения концентрации хло-

роформа, из них 11 значений, больших ПДК, и 53 значения, меньших ПДК. Обозначим количество значений ($>$ ПДК) в этом интервале как A_1 , количество значений ($<$ ПДК) – A_0 .

Точно так же по другому признаку (признак В), например, удельному расходу хлора, данному интервалу значений этого параметра соответствует B_1 значений концентрации хлороформа ($>$ ПДК) и B_0 значений ($<$ ПДК).

Определим, сколько всего значений ($>$ ПДК) и ($<$ ПДК) обладают похожими (попадающими в эти интервалы) признаками А и В.

Из наших 309 значений концентрации хлороформа ($>$ ПДК) с температурой, попадающей в этот интервал – A_1 . Сколько значений A_1 имеют расход хлора, попадающий в заданный интервал по хлору? Из 309 значений – B_1 . Из A_1 значений – $(A_1 \cdot B_1) / 309$.

Соответственно количество значений ($<$ ПДК) с данными признаками А и В – $(A_0 \cdot B_0) / 276$.

Выведем подобную формулу для значений с тремя признаками. Значений концентрации хлороформа ($>$ ПДК) в заданной группе по хлороглощению обозначим как C_1 . Тогда всего значений ($>$ ПДК) с данными параметрами признаков А, В и С: из 309 – C_1 , из $(A_1 \cdot B_1) / 309 – x$.

Из этой пропорции $x = (A_1 B_1 C_1) / 309^2$. По аналогии общее количество значений ($<$ ПДК), обладающее признаками А, В и С: $(A_0 B_0 C_0) / 276^2$.

Тогда для случая со значениями, обладающими четырьмя признаками, количество значений ($>$ ПДК) в данном интервале признаков А, В, С и D будет составлять $(A_1 B_1 C_1 D_1) / 309^3$. Соответственно количество значений ($<$ ПДК) с данными значениями признаков А, В, С и D: $(A_0 B_0 C_0 D_0) / 276^3$.

Общее количество значений (как больших, так и меньших ПДК), которым соответствуют определенные интервалы признаков А, В, С и D, будет

$$(A_1 B_1 C_1 D_1) / 309^3 + (A_0 B_0 C_0 D_0) / 276^3.$$

Отсюда вероятность того, что некоторое произвольное значение, обладающее признаками А, В, С и D, попадающими в заданные нами интервалы, будет большим ПДК

$$\frac{(A_1 B_1 C_1 D_1) / 309^3}{(A_1 B_1 C_1 D_1) / 309^3 + (A_0 B_0 C_0 D_0) / 276^3} \cdot \quad (1)$$

Точно так же вероятность того, что это значение будет меньше 60,

$$\frac{(A_0B_0C_0D_0) / 276^3}{(A_1B_1C_1D_1) / 309^3 + (A_0B_0C_0D_0) / 276^3} \quad (2)$$

Ниже приведена таблица, в которой содержатся данные об интервалах значений каждого влияющего признака и о количестве превышений ПДК хлороформа в каждом интервале.

Исходные данные для расчета вероятности превышения ПДК концентрацией хлороформа

Влияющие факторы	Интервалы	Количество измерений	Количество значений концентрации хлороформа, >ПДК, в этом интервале
Температура, °С	0-0,5	64	11
	0,51-1,0	35	2
	1,01-2	35	1
	2,01-4,0	34	6
	4,1-6	32	7
	6,01-8,0	18	8
	8,1-10	41	26
	10,1-12	19	12
	12,1-14	30	21
	14,1-16	29	17
	16,1-18	43	31
	18,1-20	28	24
	20,1-22	83	69
Удельный расход хлора, мг/дм ³	22,1-24	46	36
	>24	48	38
	3,01-4,5	103	9
	4,51-5,0	32	4
	5,01-5,5	39	13
	5,51-6,0	37	23
	6,01-6,5	47	22
	6,51-7,0	65	35
	7,01-7,5	62	43
	7,51-8,0	62	51
Жесткость об-щия, мг-экв./дм ³	8,01-8,5	61	50
	8,51-9,0	34	30
	9,01-9,5	27	25
	4,5-5,5	53	30
	5,51-6,0	149	103
	6,01-6,5	119	62
	6,51-7,0	163	76
Хлороглощение, мг/дм ³	7,01-7,5	91	36
	7,5-8,0	10	2
	<=2,0	46	4
	2,01-2,2	32	10
	2,21-2,4	49	14
	2,41-2,6	78	35
	2,61-2,8	118	60
	2,81-3,0	113	58
3,01-3,2	89	73	
>3,2	60	55	

Итак, например, вычислим, какова вероятность того, что концентрация хлороформа будет превышать ПДК, в случае хлорирования воды с температурой 15,3 °С, жесткостью 5,9 мг-экв/дм³ и хлорпоглощением 2,1 при дозе хлора 7,75 мг/дм³. Рассчитанная по формуле (1) с помощью таблицы вероятность составляет 0,9, что вполне согласуется с измеренной концентрацией, составляющей 70 мкг/дм³.

Таким образом, предлагаемый способ расчета позволяет учитывать не только зависимость между каждым фактором и концентрацией хлороформа, но и вероятность того, что значение какого-либо фактора попадет в данный интервал.

Для быстрой оценки вероятности превышения ПДК хлороформа в питьевой воде могут быть составлены таблицы с рассчитанными значениями вероятности для каждого сочетания влияющих признаков.

1. ДержСАНПін. Вода питна. Гігієнічні вимоги до якості води централізованого господарсько-питного водопостачання.

2. Алексеева Л.П., Ловцов Л.П., Хромченко Я.Л. Расчетная модель образования хлороформа в питьевой воде // Химия и технология воды. – 1987. – №4. Т.9. – С.302-304.

3. Westerhoff P. Applying DBP models to full-scale plants // JAWWA. – 2000. – №3, v.92. – P.89-102.

4. Слипченко А.В., Кульский Л.А., Мацкевич Е.С. Современное состояние методов окисления примесей воды и перспективы хлорирования // Химия и технология воды. – 1990. – №4. Т.12. – С.326-349.

5. Репко Е.Н. Исследование зависимости концентрации хлороформа, образующегося при хлорировании природной воды, от ряда факторов // Науковий вісник будівництва. Вип.35. – Харків: ХДТУБА, 2006. – С.250-255.

Получено 14.03.2008

УДК 628.14

І.С.УСЕНКО, канд. техн. наук

Полтавський національний технічний університет ім. Юрія Кондратюка

РОЗРАХУНОК ВОДОПРОВІДНИХ МЕРЕЖ ЗА ДОПОМОГОЮ ПРОГРАМИ «HIDRO»

Наводиться методика гідравлічного розрахунку водопровідних мереж. Програма виконує обчислення для нових гідравлічних мереж та моделює роботу існуючих мереж. У ході роботи програма гідравлічного розрахунку автоматично обчислює необхідну витрату, швидкість, втрати напору, п'єзометричні напори.

У процесі наладки складних трубопроводів, а також при управлінні існуючими гідравлічними системами моделювання гідравлічних мереж є важливим завданням. Через складність реальних об'єктів і поступового переходу від завдань технологічного проектування до завдань ефективного управління гідравлічними мережами,