

собрание к СНиП). М.: Стройиздат, 1990. – 192с.

5. Вавилин В. А., Васильев В. В. Математическое моделирование процессов биологической очистки сточных вод активным илом. – М.: Наука, 1979. – 119с.

6. Wentzel M. C., Ekama G. A. and Marais G. v. R. Processes and modelling of nitrification denitrification biological excess phosphorus removal systems - a review // Wat. Sci. Tech. – 1992. – Vol. 25, № 6. – P. 59 – 82.

7. Wastewater treatment. Biological and chemical processes / M. Henze, P. Harremoës, Ia Cour Jansen, E. Arvin. – New York: Springer, 2002. – 430 p.

УДК 628.067

Горобченко А.И.

Одесская государственная академия строительства и архитектуры

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАБОТЫ КОНТАКТНОГО ОСВЕТИТЕЛЯ

Разработана модель работы контактного осветителя. Показана возможность использования математических моделей для изучения различных режимов работы фильтровальных сооружений.

Основной вопрос, с которым приходится сталкиваться при эксплуатации фильтровальных сооружений – выбор оптимального режима работы, который позволил бы обеспечить потребителя водой требуемого качества и свести к минимуму эксплуатационные затраты.

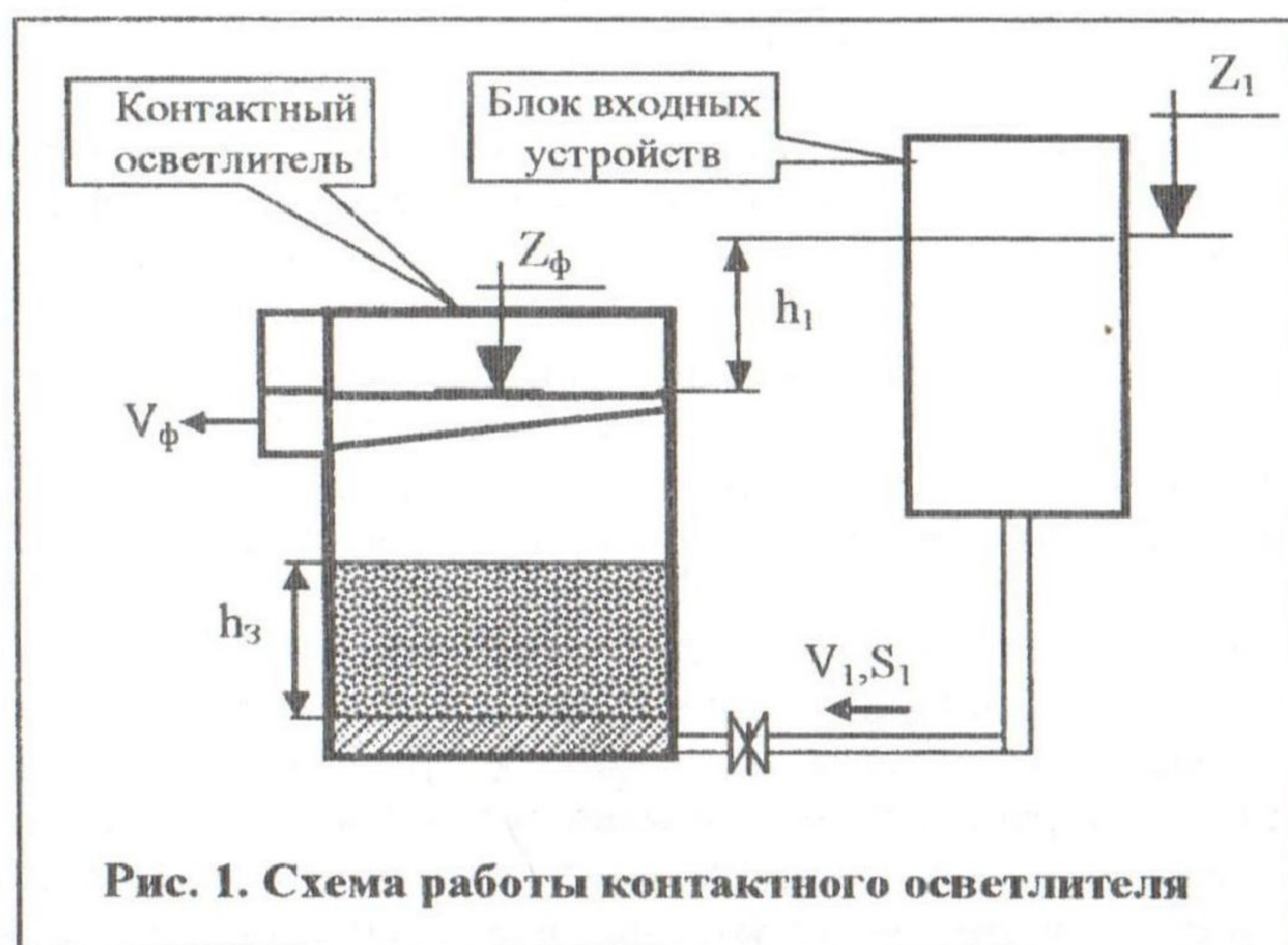
Один из способов решения выше поставленного вопроса – применение различных средств и уровней автоматизации управления работой сооружений [1-4]. Однако само по себе применение средств автоматизации не гарантирует обеспечение работы сооружений в оптимальном режиме. Для внесения корректировок в работу средств автоматизации, и собственно управления сооружениями, необходимы надежные алгоритмы управления – управляющие программы.

Сложность создания управляющих алгоритмов для систем автоматизации процессов очистки воды обусловлена не только колебаниями входных параметров (мутность исходной воды, дисперсный состав взвеси, доза коагулянта, расход обрабатываемой воды и т.п.), но и отсутствием надежных математических моделей. Так, в технологии фильтрования через зернистую загрузку наиболее распространенный на практике режим работы с уменьшающейся производительностью изучен недостаточно. Выходом из положения является

применение систем автоматизации с обратной связью, использующие принципы адаптивного управления. В процессе работы такие системы могут строить корреляционные зависимости, обладать свойствами самообучения, накапливать информацию о ходе управляемого процесса.

Для отработки алгоритмов управления, была разработана математическая модель работы фильтровальных сооружений. В функции модели входит обработка и анализ оперативной информации, а также прогноз изменений в работе фильтра под воздействием различных факторов (изменение качества исходной воды, нагрузки на фильтр и т.д.). За основу математической модели взяты теоретические описания из работ [5-10].

Расчетная схема работы контактного осветлителя, основные формулы математической модели и пример решения задач по исследованию работы сооружений приведены ниже.



На рис.1 приняты следующие обозначения: Z_1 — пьезометрическая отметка в коллекторе сырой воды; Z_2 — пьезометрическая отметка в коллекторе фильтрата; Z_ϕ — отметка уровня воды в фильтре; h_1 — перепад напора между входным устройством и осветлителем; V_1 — расход воды, поступающей в контактный осветлитель (КО) на единицу площади; V_ϕ — расход профильтрованной воды; S_1 — сопротивление подающих коммуникаций.

Расход воды, поступающей на станцию, можно найти, используя следующую формулу:

$$V_1 = \sqrt{h_1 / S_{\text{общ}}}, \quad (1)$$

где $h_1 = Z_1 - Z_\phi$ – перепад напора между входным устройством и осветлителем; $S_{\text{общ}}$ – суммарное среднее сопротивление блока КО (подающих коммуникаций, дренажа, загрузки).

Расход воды, прошедшей через слой загрузки, можно получить из зависимостей, связывающих потери напора в фильтрующей загрузке, дренаже и коммуникациях фильтра со скоростью фильтрования. Однако при этом возникают определенные сложности ввиду изменчивости и непредсказуемости структуры зернистого слоя. При решении этой проблемы применялись различные подходы. Зернистый слой рассматривался как система коллекторов – капиллярная модель (Козени, Карман, Дюллиен и др.), и как модель на основе ансамбля шаров, обладающего определенной пористостью [8]. В результате был получен ряд практических формул, наиболее распространенной из которых является двучленная формула Эргана [8].

Потери напора в коллекторе и дренаже КО можно найти, используя общеизвестную формулу:

$$h = SV^2 \quad (2)$$

Общие потери напора в фильтре равны сумме потерь напора в загрузке и коммуникациях фильтра

$$h = 150 L \frac{(1-m)^2}{m^3} \frac{Vv}{d_3^2} + 1.75 L \frac{1-m}{m^3} \frac{V^2 \rho}{d_3} + SV^2, \quad (3)$$

где L – толщина загрузки; m – пористость; ρ – плотность осадка; V – скорость фильтрования; d_3 – эквивалентный диаметр зерен загрузки; D_k – доза коагулянта; v – кинематическая вязкость воды; S – сопротивление подающих коммуникаций и дренажа.

Исследование влияния компонентов уравнения на величину погрешности позволило пренебречь вторым членом уравнения (3), в результате чего уравнение приняло следующий вид:

$$h = 150 L \frac{(1-m)^2}{m^3} \frac{Vv}{d_3^2} + SV^2 \quad (4)$$

Отсюда была получена формула для нахождения скорости фильтрования:

$$V_\phi = \frac{L_0 a (1-m)^2}{m^3 2S} \sqrt{\frac{1 + 4Sh_1}{\left(\frac{L_0(1-m)^2}{m^3 - a}\right)^2}} - 1, \quad (5)$$

где L_0 – высота слоя загрузки, m – пористость загрузки, S – сопротив-

ление подающих коммуникаций и дренажа, $h_1 = Z_1 - Z_\phi$ — перепад напора между входным устройством и осветлителем; a — вспомогательный коэффициент

$$a = \frac{150 \nu}{d_3^2} \quad (6)$$

Отметка пьезометра в блоке входных устройств $Z_1(t)$ в произвольный момент времени будет зависеть от баланса объемов воды, подаваемой на станцию и количества отводимого фильтрата $-V_1 dt$ и $V_\phi dt$ (для контактного осветлителя $V_1 dt = V_\phi dt$). Тогда

$$Z_1 = Z_{10} + (V_1 dt - V_\phi dt) \quad (7)$$

Для описания количественных характеристик процесса, на момент времени T , можно воспользоваться следующими формулами:

1. Удельная производительность фильтра:

$$W\phi_n = W\phi_{n-1} + V_{cp_n} \Delta T, \quad (8)$$

где $W\phi_{n-1}$ — производительность фильтра при предыдущем перерасчете, m^3/m^2 ; V_{cp_n} — средняя скорость фильтрования, м/ч; ΔT — интервал счета, ч;

2. Полезная производительность:

$$Vn_n = \frac{W\phi_n - W_{np}}{t_{np} + T_p}, \quad (9)$$

где $W\phi_n$ — удельная производительность фильтра; W_{np} — удельный расход промывной воды, m^3/m^2 ; t_{np} — простой фильтра при промывке ч;

$T_{раб}$ — продолжительность работы фильтра ч.

3. Расход воды на собственные нужды:

$$P_n = \frac{W_{np}}{W\phi_n} 100 \quad (10)$$

При помощи модели было изучено влияние колебаний уровней воды в блоке входных устройств, вызванных промывкой соседних сооружений (рассматривалась работа блока контактных осветлителей). В качестве исходных условий было принято:

1. Блок сооружений в целом работает с постоянной производительностью, распределение нагрузок в блоке между отдельными КО равномерное, суммарное среднее сопротивление блока КО (подающих коммуникаций, дренажа, загрузки) постоянно.

2. Число контактных осветлителей $N = 10$ шт., начальная скорость фильтрования $V_0 = 4$ м/ч, продолжительность фильтроцикла $T = 17$ ч.

Влияние соседних КО заключается в следующем:

1. При промывке одного из N осветителей блока давление в подающем коллекторе скачкообразно повышается, а при наличии накопительных емкостей (блок входных устройств) – повышается плавно, по мере увеличения уровня воды в них. В результате растет подача воды в КО, оставшиеся в работе и, в том числе, в рассматриваемый осветитель. Это приводит к увеличению уровня воды в блоке входных устройств и повышению скорости фильтрования. Постепенно уровень воды в блоке входных устройств, подача воды и скорость фильтрования (отвод воды) стабилизируются.
2. После окончания промывки давление в системе подачи воды (пьезометрический напор в коллекторе), падает скачком или постепенно (при наличии емкостей) восстанавливается к первоначальному значению. Подача воды в КО снижается, уровень в блоке входных устройств уменьшается, падает и скорость фильтрования. Затем уровень и скорости подачи воды и скорости фильтрования стабилизируются. Таким образом, фильтры периодически испытывают влияние соседних фильтров, из-за чего изменяется скорость фильтрования.

В ходе численного эксперимента был рассмотрен случай питания

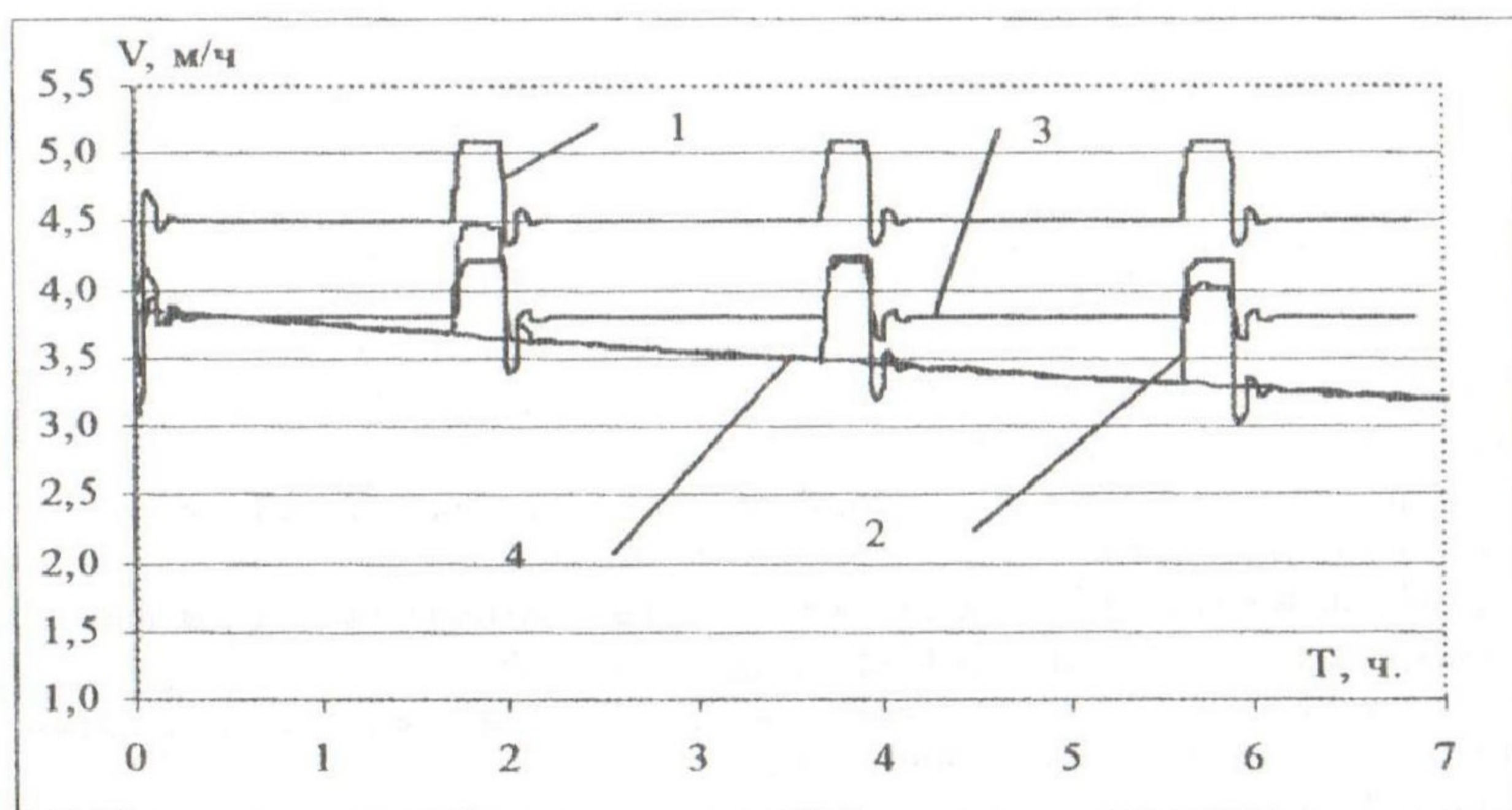


Рис.2. Динамика работы контактного осветителя с учетом работы соседних сооружений

контактного осветителя от емкости (блока входных устройств). На рис.2 представлен фрагмент фильтроцикла (7 часов). для сравнения на этот же график нанесены кривые $V(T)$, полученные в предположении постоянства давления в питающем коллекторе, т.е. в этом случае влияние соседних фильтров исключено.

Обозначения, принятые на рис.2: 1 - пьезометрические отметки в подающем коллекторе; 2 - скорость фильтрования; 3 - средняя производительность станции; 4 - скорость фильтрования без учета колебаний давления в подающем коллекторе (прямые участки графиков 2 и 4 совпадают).

Как показал анализ, кривые $V(T)$ с достаточно высоким коэффициентом корреляции могут быть описаны одной линейной зависимостью. Вместе с тем, численный анализ динамики работы КО с учетом влияния соседних сооружений позволяет произвести оценку колебаний уровней воды во входных устройствах, а также скоростей фильтрования. Так, в результате расчетов может обнаружиться, что входная емкость недостаточна, а скачки скорости слишком велики.

Таким образом, разработанная математическая модель работы контактных осветлителей дает возможность описать работу не только отдельного КО, но и учесть влияние колебаний давлений на входе, вызванных промывкой соседних сооружений.

1. С.В.Храменков., А.В.Коверга., Е.А.Столярова., Г.А.Рыбинскова Автоматизированная информационная система качества воды «Водоснабжение и санитарная техника», №10, 2002, стр.6.
2. В.А.Петросов, В.Я.Кобылянский, О.О.Панасенко Геоинформатика в управлении качеством питьевой воды.- Харьков: Основа, 2000. – 112 с.
3. Трифонов Д.Н., Понятов С.В., Ольговская Н.Н. Автоматизация технологических процессов на водоочистных сооружениях города Нижневартовска «Водоснабжение и санитарная техника», №11, 2002, –с.13.
4. Найдено В.В., Кулакова А.П. Шеренков И.А. Оптимизация процессов очистки природных и сточных вод. – М.:Стройиздат,1984.-151с.
5. Минц Д.М., Шуберт С.А. Фильтры АКХ и расчеты промывки скорых фильтров. Изд. МКХ РСФСР, М., 1961.
6. Грабовский П.А., Ларкина Г.М. Работа скорых фильтров в переменных режимах // Химия и технология воды. – 1984. –6, № 6. – с. 546 – 551.
7. Грабовский П.А. Математическая модель регенерации скорых фильтров// Химия и технология воды- 1985.- 7, №1, - с.27-29
8. Аэров М.Э., Годес О.М., Наринский Д.А. Аппараты со стационарным зернистым слоем. – Л.: Химия,1979.– 46 с.
9. Басс Г.М., Грабовский П.А., Ларкина Г.М. Определение оптимальной продолжительности работы скорых фильтров с уменьшающейся производительностью. – Новосибирск ,1975. – 20с. – Рукопись деп. в ЦИНИС, 28.05.75, № 234.
10. Грабовский П.А. Интенсификация скорых фильтров совершенствованием регенерации загрузки и конструкций дренажей. Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук.