

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СХЕМ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

М. Л. Федорова (Новомосковск), Т. М. Леденева (Воронеж)

В настоящее время весьма актуальной является проблема снижения затрат денежных средств на очистку сточных вод (СВ) на предприятиях пищевой промышленности. В связи с этим изучаются возможности организации распределенной схемы очистки СВ предприятия. Авторы предлагают использовать для средства имитационного моделирования.

В данной работе рассматривается применение методов мультиресурсных систем на примере одного мясокомбината. На предприятии пищевой промышленности образуются сразу три потока сточных вод с разными значениями количества расходуемой воды. Расчет схем проводился с использованием метода Пинч-анализа [1–3]. Для первого потока (промышленные жирные сточные воды) объемный расход составляет $232,5 \text{ м}^3/\text{ч}$, для второго (промышленные грязные сточные воды) – $103,8 \text{ м}^3/\text{ч}$, для третьего (хозяйственно-бытовые сточные воды) – $53,8 \text{ м}^3/\text{ч}$. Данные стоки подвергаются последовательно механической, физико-химической и биохимической очистке. Порядок процессов очистки строгий и не может быть изменен. Если продолжительность отстаивания воды принять за единицу, то, согласно балансу, приведенному в статье [4], соотношение времени проведения операций очистки равно $1:1,3:1,68:1,68$ соответственно. По справочным данным [5] рассчитывалось время операции механической очистки. Все потоки простейшие. Необходимо рассчитать оптимальную схему очистки так, чтобы уменьшить нагрузку на процессы механической и физико-химической очистки.

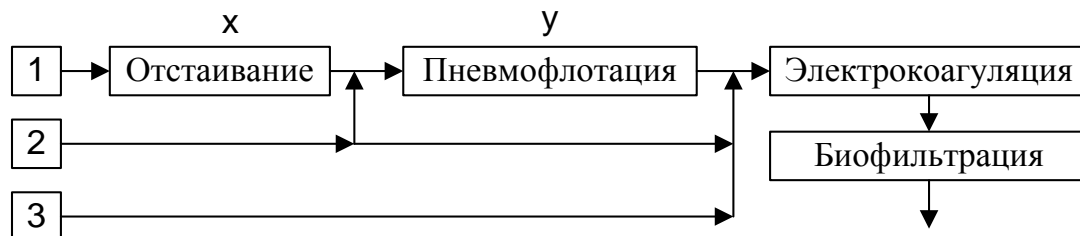


Рис. 1. Оптимальная схема очистки сточных вод

Если рассматривать потоки воды как транзакции, а процессы очистки как каналы обработки, то эту задачу можно представить как систему массового обслуживания (СМО). Мультиресурсной системой обслуживания (Multiresource Queues – MRQ) может быть названа многоканальная СМО, в которой разнотипные заявки могут требовать одновременно случайное число каналов, которое отлично от 1.

В связи с тем, что на каждом этапе происходит одновременное удаление разных групп загрязняющих веществ, то эту задачу можно считать мультиресурсной системой и классифицировать ее как $M_3 | M_4 | 4 | MRQ^2(1,4) | FCFS$ согласно общепринятой системе обозначений Кендалла–Башарина [6]. Здесь M_3 – три потока воды, у каждого из них свои характеристики объема поступления воды. M_4 обозначает одновременное удаление в каждом процессе очистки четырех или трех типов групп загрязняющих веществ (взвешенных веществ, жиров, БПК₅, хлоридов). $MRQ^2(1,4)$ означает, что все процессы удаления загрязняющих веществ происходят синхронно; FCFS – стратегия дисциплины обслуживания транзакций. Во время процессов отстаивания и пневмофлотации хлориды не удаляются. В процессе биофильтрации не удаляются жиры. Для решения задач

MRQ-систем существуют различные методы. Один из них – имитационное моделирование.

Листинг программы на GPSS World будет выглядеть следующим образом:

```

OTC      storage      3
PBM      storage      3
ETK      storage      4
BFT      storage      3
ADMT1    FUNCTION P1,L4
1,710/2,380/3,690/4,1200
ADMT2    FUNCTION P2,L4
1,430/2,40/3,320/4,450
ADMT3    FUNCTION P3,L4
1,90/2,10/3,190/4,375
          GENERATE (Exponential(1,0,53.8))
          ASSIGN      5,3
          TRANSFER, BEG1
          GENERATE (Exponential(1,0,103.8))
          ASSIGN      5,2
          TRANSFER 0.5,PHB,BEG1
          GENERATE (Exponential(1,0,232.5))
          ASSIGN      5,1
          GATE        SE OTC,ZEND ;      отстаивание
          ENTER       OTC,3
          ADVAVCE     Zeit1
LEAVE OTC,3
PHB      GATE SE      PBM,ZEND ;      пневмофлотация
          ENTER PBM,3
          ADVANCE ZEIt2
          LEAVE PBM,3
BEG1     GATE        SE ETK,ZEND ;      электрокоагуляция
          ENTER       ETK,4
          ADVAVCE     Zeit3
LEAVE ETK,4
          GATE        SE BFT,ZEND ;      биофильтрация
          ENTER       BFT,3
          ADVAVCE     Zeit3
LEAVE ETK,3
ZEND     TERMINATE
          GENERATE 1200
TERMINATE 1

```

В результате имитационного моделирования различных схем очистки воды определена схема, позволяющая уменьшить нагрузку на операцию пневмофлотации на 50%, а на операцию отстаивания на – 35%.

Вывод. Задачи подобного рода могут служить хорошим наглядным пособием при изучении дисциплин, связанных с оптимизацией технологических процессов.

Литература

1. **Wang Y. P. et al.** Design of distributed effluent//Chem. Eng. Sci. 1994. Vol. 49. P. 18.
2. **Статюха Г. А. и др.**//Сб. тр. МНК ММТТ-14. Т.1. Смоленск: СФМЭИ, 2001.
3. **Статюха Г. А. и др.**//Сб. тр. МНК ММТТ-15. Т.4. Тамбов: ТГТУ, 2002.
4. **Квитка А. А., Шахновский А. М., Джигирей И. Н.** Математическое моделирование схем очистки сточных вод в пищевой промышленности//Матер. международ. науч. конф. «ММТТ-16». Ростов-на-Дону, 2003. С. 29–30.
[Http:// mmtt.icsc.edu.ru/ all_reports/section4/29.pdf](http://mmtt.icsc.edu.ru/all_reports/section4/29.pdf)
5. Водное хозяйство промышленных предприятий. Справочное издание/Под ред. **В. И. Аксенова**. М.: Теплотехника, 2005. 640 с.
6. **Меликов А. З. , Пономаренко Л. А., Рюшин Н. А.** Математические модели многопоточковых систем обслуживания. Киев: Техніка, 1991. 264 с.