

ность выхода *ИП* за пределы которого очень мала. Эта величина, вычисляемая по предлагаемой эмпирической зависимости, принимается за сумму модулей вкладов всех *ПС* в *ИП* рассматриваемой системы. При этом учитывается наличие и количество подсистем всех ступеней в системе. Поскольку в общем случае с увеличением количества подсистем увеличивается и разность между наибольшим и наименьшим значениями *ИП* качества подсистем, то для того, чтобы вероятность выхода *ИП* качества какой-либо подсистемы за пределы заданного интервала оставалась бы очень малой, указанный рабочий интервал изменения *ИП* всей системы следует соответственно уменьшать. Это и реализуется в предлагаемой эмпирической зависимости:

$$S = S_0 / (1 + (n)^k)$$

где S_0 – значение S для системы без подсистем, n – число подсистем в рассматриваемой системе, k – коэффициент, зависящий от типа и особенностей этой системы. Так, для *ИП* общественного здоровья рекомендуется принять $S_0 = 1,1$ и $k \in [0,2, 0,3]$.

На втором этапе с участием экспертов (специалистов по проектируемым или исследуемым системам) величина S разделяется на вклады BK_i для каждого из показателей системы, учитываемого моделью *ИП*. И, наконец, на третьем этапе согласно выражениям $K_i = BK_i / PC_{i\text{ ср}}$, где $PC_{i\text{ ср}}$ – среднее значение i -го показателя для системы в целом, вычисляются значения всех весовых коэффициентов модели.

Для большинства социально-экономических систем РФ можно рассматривать значения *ИП* для РФ в целом, для каждого из 8 федеральных округов (подсистемы первой ступени), для каждого из 71 административного образования этих округов (подсистемы второй ступени) и т.д. Так, если *ИП* общественного здоровья населения должен изменяться в промежутке $[0, 1]$, то согласно предлагаемой методике при $k = 0,24$ получим $S = 0,4$. Тогда при построении *ИП* на основе показателей общей рождаемости (ОРЖ), средней продолжительности предстоящей жизни (СППЖ), общей заболеваемости по обращениям населения в организации здравоохранения (ОЗО), первичной инвалидности (ПИНВ) и общей смертности (ОСМ) можно получить следующий вариант модели интегрального показателя общественного здоровья населения: $ИП = (8,798 ОРЖ + 0,750 СППЖ - 0,081 ОЗО - - 13,376 ПИНВ - 3,682 ОСМ) / 1000 + 0,6$. Значения всех показателей здоровья в этой модели приводятся в расчёте на 1000 человек населения. Число 0,6 используется для корректировки средних значений *ИП* здоровья для населения РФ в целом, населения федеральных округов и их административных образований.

Весовые коэффициенты показателей здоровья в приведённой модели *ИП* получены при

следующих средних значения этих показателей для населения РФ за 1985 ÷ 2005 годы:

$$ОРЖ = 11,387, СППЖ = 66,691, ОЗО = 1183,784, ПИНВ = 7,476, ОСМ = 13,071$$

на 1000 человек населения.

Разработанная методика определения весовых коэффициентов линейных моделей интегральных показателей качества систем различного назначения может быть использована для ряда систем различного назначения. При этом следует помнить, что поскольку разные модели могут давать несколько отличающиеся значения интегральных показателей, то для сравнения качества подсистем некоторой системы следует использовать одну и ту же модель указанного показателя.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Болотханов Э.Б. Интегральный показатель социально-экономического состояния регионов // Фундаментальные исследования, 2006, № 9. – С. 70.
2. Кирьянов Б.Ф., Медик В.А. Усовершенствованные многопараметрические модели интегрального показателя общественного здоровья населения // Сб. научных тр. ННЦ СЗО РАМН, Т. 5, 2006. – С. 67 ÷ 73.

ФИЛЬТРАЦИОННАЯ ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД

Косинцев В.И., Сечин А.И., Бордунов С.В., Куликова М.В., Прокудин И.А., Косинцев М.В.
Томский политехнический университет
Томск, Россия

Основная причина загрязнения поверхностных водных объектов – сброс в водоемы сточных вод промышленных предприятий, коммунальным и сельским хозяйством. Разработка и выбор высокоэффективных методов очистки промышленных стоков является достаточно сложной инженерной задачей.

Метод фильтрации наиболее часто используется во многих технологических схемах очистки сточных промышленных вод для снижения содержания взвешенных дисперсных частиц и извлечения ряда загрязнителей, а эффективность его зависит от типа фильтрующей загрузки. Все применяемые фильтрующие материалы должны удовлетворять следующим требованиям: обладать высокой механической прочностью, химической и термической стойкостью, высокой пористостью, хорошими адгезионными свойствами по отношению к удаляемым загрязнениям. Кроме того они должны легко регенерироваться и иметь относительно низкую стоимость.

На современных сооружениях очистки сточных вод осуществляются последовательные многостадийные технологические процессы удаления загрязняющих веществ из сточных вод и обработки осадка. Очистка сточных вод может

протекать в три этапа: механическая очистка, биологическая очистка, доочистка и обеззараживание.

Классическая двухступенчатая (механическая и биологическая) очистка сточных вод происходит на решетках, в песколовках, первичных отстойниках, аэротенках и вторичных отстойниках. Результатом механической очистки является освобождение сточных вод от отбросов, грубодисперсных примесей, песка и взвешенных (минеральных и органических) веществ. Результат биологической очистки – освобождение осветленных вод от оставшихся минеральных и органических загрязняющих веществ, находящихся во взвешенном, коллоидном и растворенном состоянии.

Для доочистки могут быть применены фильтры, предназначенные для удаления из сточных вод, прошедших биологическую очистку, взвешенных веществ. Очищенные сточные воды после фильтров по коллектору поступают в водный объект. [1]

Для улучшения качества доочистки сточных вод нами были использован метод фильтрации с применением различных фильтрующих материалов: угля и полимерной ваты.

В качестве фильтровального материала для очистки сточных вод ЗАО «Сибкабель» были выбраны полипропиленовые волокна, полученные по технологии [2]. Плотность укладки материала в фильтровальной колонке составляла $148 - 154 \text{ кг/м}^3$, что обеспечивало начальную скорость фильтрации на уровне $3,0 - 3,5 \text{ м/час}$ при безнапорном режиме фильтрования через слой полимерной волокнистой загрузки высотой 190 мм в фильтровальной колонке внутренним диаметром 75 мм.

Процесс очистки сточных вод исследовали в режиме безнапорной фильтрации, причем одна колонка использовалась для предварительного определения степени очистки от присутствующих в стоках загрязнений, вторая использовалась для изучения влияния начальной концентрации загрязнения на степень очистки и определения сорбционной емкости полипропиленового волокнистого материала по отдельным видам загрязнений. В третью колонку помещали модифицированное гидроксидом железа (3+) полипропиленовое волокно. Свежеосажденный гидроксид железа (3+) наносился на волокно таким образом, что высота модифицированного слоя составляла 20 – 25 мм от общей высоты слоя фильтровального волокнистого материала 190 мм.

Для фильтрационной очистки были взяты сточные воды коллектора, собирающего стоки цеха по производству кабельной продукции, стоки предприятия химической чистки, бытовые стоки электроцеха, а также хозстоки.

Определение содержания загрязнителей в сточных водах и очищенных стоках производи-

лось по аттестованным методикам в экологической лаборатории химико-экологического отдела ЗАО «Сибкабель».

Испытания показали, что наибольшая эффективность очистки наблюдается на колонке с волокном, модифицированным гидроксидом железа. Степень очистки на этой колонке по меди составила 85,7%, по железу 88,5%, по взвешенным веществам 68%, по нефтепродуктам 86,3% по цинку 46,3% и в среднем на 8-12% выше чем на не модифицированных волокнах. Аналогичные результаты получены и по соединениям фосфора и фенола, степень очистки от которых на волокне модифицированном гидроксидом железа достигала 71,4% и 78,8% соответственно.

В процессе работы фильтрующего материала в результате накопления загрязнений в поровом пространстве фильтрующего материала происходит “закупорка” ячеек порового пространства фильтра, что приводит к уменьшению доли свободного сечения волокнистого материала, к снижению скорости фильтрации сточных вод и повышению гидравлического сопротивления фильтра, что ухудшает технико-эксплуатационные характеристики фильтрующего элемента.

В фильтр с полипропиленовым волокном массой 7,5 кг с диаметром волокон от 10 до 300 мкм, 50% волокон с диаметром 100 мкм, с плотностью укладки волокна 147 кг/м^3 , вода подавалась снизу вверх, что снижало вероятность забивки волокна плавающими и иловыми частицами загрязнений.

Регенерация загрязненного волокна проводилась путем его промывки в водопроводной воде с механическим перемешиванием. В результате первой промывки были удалены основное количество задержанных волокнистым материалом загрязнений, состоящих из плавающих частиц, твердых быстрооседающих частиц и иловой фракции. Объемное содержание плавающих примесей составляло 20%, твердых быстрооседающих 65 %, и иловой фракции 15 %. Из объема волокна были вымыты быстрооседающие частицы загрязнений в количестве $0,98 \text{ г/г}$ свежего исходного волокна. Дисперсный состав быстрооседающих загрязнений, определенный методом седиментационного осаждения, следующий: 5-10 мкм – 5%, 10-15 мкм – 10%, 40-80 мкм – 65%.

При повторной промывке волокна в водном растворе с добавлением ПАВ типа ОП-7 в количестве 2 г/л, из волокна дополнительно были удалены частицы загрязнений в количестве $0,2 \text{ г/г}$ волокна. Суммарная массовая грязеемкость волокна в фильтре по твердым загрязнениям и иловой фракции до регенерации составила $1,19 \text{ г/г}$ волокна, а объемная грязеемкость составила $0,18 \text{ кг/литр}$ волокнистого сорбента.

Иловая фракция была представлена скоагулированными частицами неправильной формы размером до 2,5 – 3 мм. Плавающие загрязнения

были представлены частицами вытянутой формы в виде нитей, соломинок и т.д. с максимальным размером до 5 мм.

Были проведены эксперименты на ЗАО «Городские очистные сооружения» по очистке сточных вод на угольном фильтре на основе посеребренного угля БАУ, угле БАУ и фильтре с набивкой полипропиленовым волокном при постоянном расходе воды – 0,4 л/мин и 0,9 л/мин и объеме фильтрующей насадки 5 литров. Фильтры на углях характеризуются малой емкостью по загрязнению, но более тонкой очисткой от NO_2^- , NO_3^- , NH_3 .

Из представленных результатов можно сделать вывод, что на первой стадии очистки сточных вод следует производить на волокнистых насадках, а доочистку на угольных.

На основе проведенных экспериментов была разработана типовая серия малогабаритных установок с производительностью от 100 до 400 л/час для хозяйственно-питьевого водоснабжения. В этом проекте использован безреагентный метод очистки воды на фильтрах с волокнами из полипропилена с упрощенной аэрацией и финишной микробиологической доочисткой воды фильтрацией через цеолит, в решетку которого были внедрены ионы серебра (Заключение Центра государственного санитарно-эпидемиологического надзора в Томской области №806 от 31.05.2001 г.). Полипропиленовое волокна, полученное по технологии [2] и использованное в лабораторных исследованиях, было сертифицировано госсанэпиднадзором Томской области (Санитарно-эпидемиологическое заключение №70.ТС.03.515.П.000316.03.05 от 16.03.2005 г.). Питание установки предусмотрено от сети переменного тока ≈ 220 В, установка может подключаться к централизованному водопроводу или индивидуальной скважине, кроме того, напорный бак установки может наполняться вручную из любого источника воды.

Станции сертифицированы Федеральной

службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Томской области санитарно-эпидемиологическим заключением № 70.ТС.369.Т.001403.01.06 от 11.01.2006 г.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Новиков Ю.В., Сайфутдинов М.М. Вода и жизнь на земле. Издательство «Наука», 1981.
2. Патент (РФ) № 2179600 "Установка для получения волокнистых материалов из утиля и отходов термопластов" / В.В. Бордунов, С.В. Бордунов, И.А. Соболев // Заявл. 24.10.2000. Опубл. 20.02.2002. Бюл.

ПРОГРАММА РАСЧЕТА РАВНОВЕСИЯ ХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ В ШИРОКОМ ИНТЕРВАЛЕ ТЕМПЕРАТУР

Косинцев В.И., Сечин А.И., Бордунов С.В., Куликова М.В., Прокудин И.А., Косинцев М.В.
*Томский политехнический университет
Томск, Россия*

В химической термодинамике изучается применение законов термодинамики к химическим и физико-химическим явлениям. В ней рассматривается главным образом: тепловые балансы процессов, включая тепловые эффекты физических и химических процессов; фазовые равновесия для индивидуальных веществ и смесей; химическое равновесие.

Важнейший параметр, характеризующий обратимую химическую реакцию – константа равновесия K . Расчеты константы равновесия очень важны для практики.

Расчет константы равновесия химических реакций осуществляется как функция температуры и давления. Облегчения, внесенные за последнее время в методику точных расчетов, не сделали их легкими и достаточно быстрыми. Так третья приближение Улиха [1].

$$\Delta G_0 = \Delta H_{298}^0 - T \cdot \Delta S_{298} + \Delta C_p [T - 298,16 - T \cdot \lg T / 298,16] \quad (1)$$

дающее результаты, немного отличающиеся от результатов точных расчетов, громоздко, так как связано со сложными вспомогательными расчетами, отнимающими много времени и труда. Значительное упрощение в методику точных методов расчета равновесия внесли Тёмкин и Шварцман [2] за счет предварительного табулирования всех температурных функций, входящих в формулу для определения логарифма константы равновесия химической реакции. Дальнейшее развитие методов Улиха, Темкина, Шварцмана было продолжено в работах Владимирова [3, 4]. Отличительной чертой метода Владимирова [3, 4] является предварительное табулирование не только температурных функций уравнения логарифма константы равновесия, но и функций эн-

тапии системы ΔH^0 , изменение энтропии ее ΔS^0 и изменения коэффициентов для теплоемкостей всех участков реакций ΔC_p . Недостатком метода, является опять все тоже предварительное табулирование, а вместе с ним, для широких интервалов температур, и утомительных действий, отнимающих много времени.

С целью ускорения вышеизложенных работ была составлена программа вычисления на современной ЭВМ в редакторе XL в виду простоты программирования, удобного ввода и вывода данных.

Остановимся подробнее на методе [5] расчета равновесия, учитывающем зависимость $\Delta H = f(T)$, с помощью которого были введены уравнения $\lg K_p = f(T)$, и сосчитаны ΔH , $\lg K_p$ в ин-