

Математическая модель для оптимизации параметров энергетической части АЭС с быстрым натриевым реактором

В. М. ЧАХОВСКИЙ, Ю. С. БЕРЕЗА

УДК 621.039.526

В работе описаны основные методические положения и дано построение расчетно-оптимизационной модели для выбора параметров энергетической части АЭС с быстрым реактором, натриевым теплоносителем, трехконтурной тепловой схемой и паросиловым циклом с одним промперегревом пара.

Сформулированы допущения, сделанные при построении модели и определяющие точность, с которой модель отражает физические и экономические связи, присущие реальной установке.

Получено выражение целевой функции, которая представляет сумму удельных приведенных затрат по всем элементам станции и зависит от следующих оптимизируемых параметров энергетической части АЭС: перепада температур в активной зоне реактора, температурных напоров в теплообменниках, температурного пара и питательной воды, давления острого пара. Оптимизируемые параметры связаны балансовыми уравнениями. На параметры накладываются ограничения: технические и технологические, по предельной температуре покрытий твэлов, по минимальным температурным напорам в теплообменниках.

Турбоагрегат представлен в модели в виде зависимости его к. п. д. от оптимизируемых параметров. Зависимость была получена из предварительных расчетов тепловой схемы турбоагрегата для различных сочетаний начальных параметров турбинного цикла и затем была аппроксимирована степенными полиномами на ЭВМ.

В изложенной постановке задача нахождения оптимальных параметров является экстремальной, нелинейной с ограничениями на вектор регулируемых параметров.

Для решения поставленной задачи был разработан расчетно-оптимизационный комплекс программ «Каскад»

для ЭВМ типа «Минск», который использует эффективные методы решения таких задач [1, 2].

По разработанной модели и программам были проведены оптимизационные расчеты энергетической части АЭС. Исходные данные были взяты для реактора БН-600 [3].

Результаты расчетов представлены в виде графиков, показывающих зависимость оптимальных параметров АЭС от температуры теплоносителя на выходе из реактора и относительных затрат в отдельные элементы станции. Модель позволяет дать ответы на вопросы, касающиеся определения условий оптимальной работы технологической схемы АЭС и быстрого реактора.

Расчеты показали эффективность применения разработанного алгоритма и программ для оптимизации перспективных схем АЭС на различных стадиях их разработки и проектирования.

Авторы признательны Л. А. Кочеткову, А. А. Ринейскому и Ю. Е. Багдасарову за полезные обсуждения и замечания, которые были учтены в работе.

(№663/6672. Статья поступила в Редакцию 19/XI 1971 г. В окончательной редакции 14/XI 1972 г. Полный текст 0,9 а. л., 8 рис., 13 библиографических ссылок.)

ЛИТЕРАТУРА

1. Л. А. Крумм. «Электричество», № 5, 6 (1963).
2. Г. Б. Левенталь, Л. С. Попырин. Оптимизация теплоэнергетических установок, М., «Энергия», 1970.
3. А. И. Лейпунский и др. «Атомная энергия», 25, 403 (1968).

Определение примесей масел в CO_2 , используемом как теплоноситель в газоохлаждаемых реакторах, методами ИК- и УФ-спектроскопии

М. И. ЕРМОЛАЕВ, Л. Г. САВЕНКО, К. В. ГОРЯЧЕВ, И. Б. СТРЕЛЬНИКОВА,
Е. Ф. КОЗЫРЕВА, П. И. КОНДРАТОВ, Т. И. КИРИЕНКО

УДК 543.42:661.973.4:665.4.062

При использовании углекислого газа в качестве теплоносителя в ядерных реакторах возникает необходимость определения примесей минеральных масел в газе. Изучены ИК- и УФ-спектры поглощения растворов масел, применяющихся в производственных угле-

кислотных установках, как новых, так и бывших в работе, подвергавшихся температурным воздействиям, давлению и облучению нейтронами, а также проб масел, экстрагированных из газовых фаз. Методом УФ-спектроскопии установлено: первый из двух максимумов спект-

ра масел с большей интенсивностью отвечает длине волны ~ 230 нм, второй — с интенсивностью $\ln \epsilon = 3,3 \div 3,5$ соответствует длине волны 257—261 нм в пентане, гексане, этиловом спирте, *n*-октане и 265 нм в CCl_4 .

В газовой фазе наблюдается соотношение углеводородов состава, отличающегося от исходных масел, которое даже для одного и того же масла различается от времени и условий его работы. Так, отношение коэффициентов экстинкции при двух наблюдаемых максимумах поглощения для всех проб масел находится в пределах 1,9 — 2,3, а для проб масел, экстрагированных из углекислотных баллонов, достигает 5,6. При этом наблюдается смещение максимума поглощения в длинноволновую область спектра с длиной волны 276 нм. Методика определения примесей минеральных масел в углекислом газе по калибровочным коэффициентам экстинкции стандартных растворов, приготовленных на маслах, выделенных из продуктов отбора проб, свидетельствует о недостаточном применении данного метода. Методом ИК-спектроскопии установлено, что характер ИК-спектров разных проб масел идентичен. Наибольшее поглощение наблюдается при полосе 2926 см^{-1} , соответствующее антисимметричным валентным колебаниям CH_2 -группы ($\bar{K} = 2,52$ л/г·см). Для всех спектров показаны также полосы вблизи 2962 см^{-1} ($\bar{K} = 1,63$ л/г·см) и 2860 см^{-1} ($\bar{K} = 1,31$ л/г·см), отвечающие анти-

симметричным валентным колебаниям CH_3 -группы и симметричным валентным колебаниям CH_2 -группы [1]. Для данных полос интегральное значение $\bar{K} = 1,82$ л/г·см. При этом относительная погрешность составляет 1,5 ÷ 3%. Намечается полоса 2872 см^{-1} , соответствующая симметричным валентным колебаниям CH_3 -группы.

Для проб масел, экстрагированных из газовых фаз, наблюдается увеличение поглощения при полосах 2872 и 2962 см^{-1} . Отличия в ИК-спектрах свидетельствуют о разном соотношении углеводородов в газовой фазе и в исходных минеральных маслах. Поэтому определение примесей масел в углекислом газе предложено по интегральной интенсивности валентных колебаний C — H-групп. Данный метод является абсолютным, не требующим предварительной калибровки по искусственным смесям.

(№ 664/6947 + 6948. Статья поступила 18/V 1972 г. В окончательной редакции 23/XI 1972 г., аннотация — 26/IX 1972 г. Полный текст 0,55 а. л., 4 рис., 8 библиографических ссылок.)

ЛИТЕРАТУРА

1. Л. Беламп. Инфракрасные спектры сложных молекул. Перевод с англ. М., ИЛ, 1963.

Обезвреживание радиоактивных газовых отходов одноконтурной АЭС кипящего типа посредством их выдержки в проточной трубе

Г. З. ЧУХЛОВ, Е. К. ЯКШИН, Ю. В. ЧЕЧЕТКИН, Ю. А. СОЛОВЬЕВ

УДК 621.039.524.4—97.621.039.72

В случае разгерметизации твэлов радиоактивность газовых отходов АЭС с кипящим реактором достигает ~ 100 кюри/(сутки·Мвт). Выдержка их в проточной трубе перед выбросом в атмосферу позволяет уменьшить активность в 2—70 раз. Для этого требуется труба с объемом

$$V = t_b G_M / \{\rho(\tau) [1 + x(\tau)]\}_{\text{сред}}, \quad (1)$$

где G_M — массовый расход сухого газа эжектора, кг/час; τ — температура газа в данном сечении трубы; ρ — плотность газа, кг/м³, x — паросодержание газа, кг пара/кг сухого газа.

Рекомендуемое время t_b выдержки газа есть корень уравнения (2) относительно t :

$$\sum_{i=1}^m c_{i1} \exp(-\lambda_{i1} t) = \sum_{i=m+1}^l c_{i1} \exp(-\lambda_{i1} t), \quad (2)$$

где c_{inr} — концентрация n -го члена цепочки распада i -го исходного газообразного изотопа на r -м конце трубы выдержки для случая максимально возможной вероятности выхода осколочных газов из твэлов, кюри/м³; i — номер материнского газообразного изотопа в порядке возрастания постоянных распада; n — номер изотопа в цепочке распада, считая исходный газообразный изотоп первым; r — индекс принадлежности ко входу ($r = 1$) или к выходу ($r = 2$) из трубы; λ_{in} — постоянная распада n -го члена цепочки распада i -го исходного газообразного изотопа, сек⁻¹; m — наименьший номер исходного изотопа с постоянной распада, большей, чем у Xe^{135} ; l — полное число изотопов в исходной газовой смеси.

Свободная гравитационно-термическая и концентрационная конвекция в горизонтальной трубе может

в три и более раз уменьшить эффективное время выдержки. Для полного использования объема трубы необходимо устранить 2 потока свободной конвекции в ней. Один из них ликвидируется, если расположить выходное отверстие снизу трубы, а торец закрыть. Другой поток можно уменьшить предварительным охлаждением газа до температуры среды, окружающей трубу, или увеличением аэродинамического сопротивления потоку в пределах, не влияющих на работу эжектора. Последнее достигается уменьшением диаметра трубы. Доля A аэрозолей в общем выбросе радиоактивности из трубы равна

$$A = \left(\sum_{i=1}^l \sum_{n=2}^q c_{in2} \right) / \left(\sum_{i=1}^l \sum_{n=1}^q c_{in2} \right), \quad (3)$$

где q — максимальное число членов в цепочках распада рассматриваемых газообразных изотопов, а

$$c_{in2} = c_{i11} \left(\prod_{j=2}^n \lambda_{ij} \right) \sum_{j=1}^n \left[\exp(-\lambda_{ij} t_b) \prod_{\substack{k=j \\ k=1}}^n \frac{1}{\lambda_{ik} - \lambda_{ij}} \right]. \quad (4)$$

Расчет для кипящего реактора ВК-50 показывает, что величина A может достигать $\sim 0,6$. Поэтому рекомендуется устанавливать в конце трубы противозаэрозольный фильтр.

(№ 665/5780. Статья поступила в Редакцию 17/II 1970 г. В окончательной редакции 26/XII 1972 г. Полный текст 0,6 а. л., 1 рис., 3 табл., 9 библиографических ссылок.)