

симость, которая удовлетворительно обобщает все имеющиеся данные, хорошо согласуется со значениями $q_{кр}$, полученными при $p \leq 1$ бар.

Таким образом, опыты, проведенные при $p < 1$ бар, подтверждают, что переход к пленочному кипению у высококипящих органических веществ при повышенных давлениях наступает при значениях $q_{кр}$, которые ниже величин, установленных при расчете по достаточно надежным зависимостям. Это объясняется тем, что в этих условиях имеет место пиролизотическое разложение теплоносителей в пристенном слое.

Поступило в Редакцию 2/III 1970 г.
В окончательной редакции 19/V 1970 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Я. Корычанек, Л. С. Стерман. Acta polytechnica, IV, 45 (1968).
2. С. С. Кутателадзе В. А. Бураков. В сб. «Вопросы теплоотдачи и гидравлики двухфазных сред». Под ред. С. С. Кутателадзе. М., Госэнергоиздат, 1961, стр. 56.
3. Л. С. Стерман, Ю. Вилемас. «Теплофизика высоких температур», 3, 609 (1965).
4. Л. С. Стерман. ЖТФ, XXIII, 341 (1953).
5. А. И. Абрамов, Л. С. Стерман. «Теплоэнергетика», № 9, 59 (1967).
6. Н. Н. Мамонтова. «Прикладная механика и техническая физика», № 3, 41 (1966).

Автоматизированная система индикации примесей в натриевом теплоносителе

А. Н. МИТРОПОЛЬСКИЙ, М. С. ПИНХАСИК, А. А. ПЕТРЕНКО, И. Х. ЦУКЕРМАН,
В. Д. ТАРАНТИН

УДК 621.039.56

В настоящее время в промышленной практике широкое распространение получил метод контроля примесей в натрии с помощью пробкового индикатора дискретного действия [1—3]. Индикатор представляет собой систему для охлаждения теплоносителя, регулирующего вентиля для установления необходимого расхода теплоносителя и вентиля с калиброванными пазами (или шайбы).

При определенной температуре примеси выпадают в осадок, забивая пазы вентиля (шайбы) и вызывая резкое уменьшение расхода теплоносителя («срыв» расхода). Температура, при которой происходит срыв, фиксируется. Таким образом определяется содержание примесей.

Влияние основных параметров пробкового индикатора (размера отверстия шайбы, величины расхода натрия и др.) на его работу подробно обсуждено в работе [2], в которой показано также, что при проведении индикации не желательно иметь скорость понижения температуры больше $10^\circ \text{C}/\text{мин}$, так как это может привести к появлению ошибки в определении температуры забивания.

Необходимость участия человека в процессе индикации для реализации данного условия, фиксации момента срыва расхода, а также недостаточная точность контроля в связи с трудностями плавного снижения температуры теплоносителя вручную являются недостатками существующих индикаторов. От таких недостатков свободна автоматизированная система, разработанная на основе существующего пробкового индикатора и серийных средств контроля и автоматизации.

Созданию автоматизированной системы предшествовало изучение динамических свойств объекта регулирования. Известно, что теплообменник представляет собой объект с распределенными параметрами и описывается в частных производных. В рассматриваемом случае теплообменник с достаточной для расчета точностью может быть принят в качестве теплообменника с идеальным перемешиванием в кожухе.

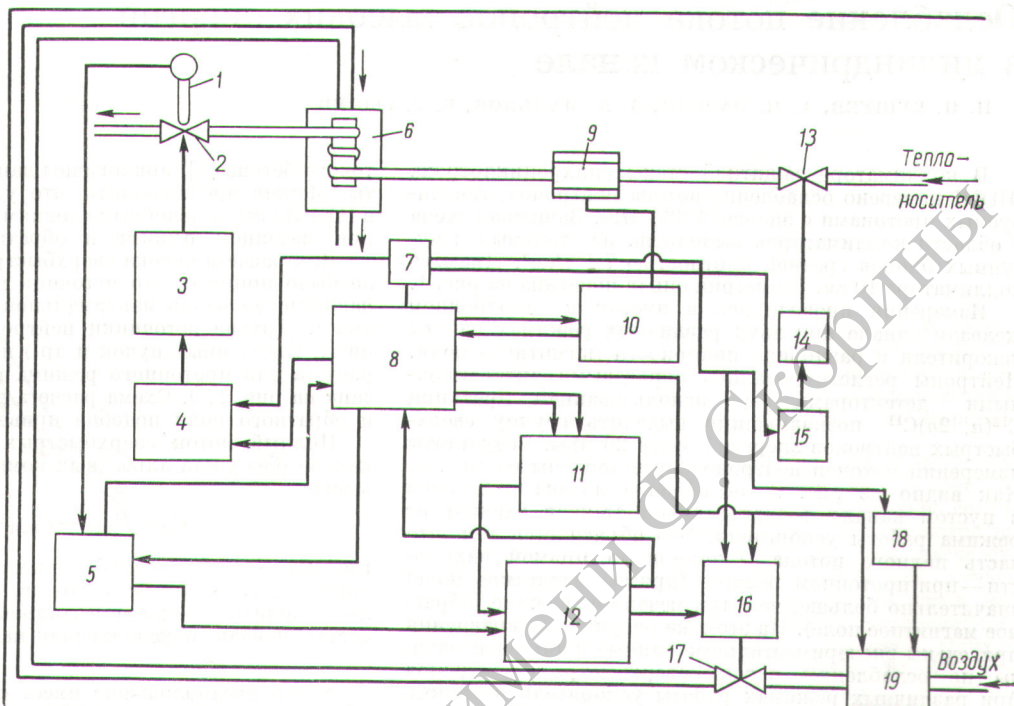
Из уравнения для температуры элементарного объема жидкого металла, текущего в трубе, и уравнения теплового баланса между стенкой и воздухом получили выражение, устанавливающее связь между

изменением расхода воздуха ΔG_v и изменением температуры во времени по длине теплообменника $\Delta \theta(L, t)$. Из анализа полученного уравнения установили, что динамические свойства объекта в реальных условиях могут изменяться в широких пределах и зависят от значения температуры наружного воздуха и расхода теплоносителя. Таким образом были определены динамические свойства объекта по каналу: изменение расхода воздуха — изменение температуры теплоносителя.

Для обнаружения динамических свойств последовательно соединенных звеньев — собственно теплообменника, защитного чехла термодары, самой термодары и др. — экспериментальным способом получили кривые расхода, которые с достаточной точностью аппроксимируются дифференциальным уравнением третьего порядка с запаздывающим аргументом. С целью выявления работоспособности системы провели моделирование ее на аналоговой вычислительной машине типа «Аналог-1». Моделирование позволило определить алгоритм регулирования и приближенное значение настроек регулятора.

Схема автоматизированной системы индикации примесей представлена на рисунке.

При автоматической индикации примесей логическая схема 8, управляемая ключом 7, при постановке его в положение «автомат» дает через блок 4 сигнал приводу 3 на закрытие шайбы 2 и на запуск движения программы в программном задатчике 11. Шайба 2 закрывается. Начинается естественное охлаждение теплоносителя, проходящего через теплообменник 6. Сигнал ошибки между показаниями потенциометра 5 и задатчика 11 поступает на регулятор 12, который управляет приводом 16 воздушной заслонки 17. Когда с регулятора 12 дается сигнал на открытие заслонки, логическая схема через пускатель 18 включает вентилятор 19. В теплообменнике 6 идет охлаждение теплоносителя в соответствии с программой, установленной в задатчике. При определенной температуре теплоносителя происходит выпадение примесей в осадок на шайбе 2. Расход теплоносителя через контур падает (срыв расхода). Потенциометр 10, фиксирующий этот момент, дает сигнал о прекращении индикации на логическую схему.



Принципиальная схема автоматизированной системы индикации окислов в натриевом теплоносителе: 1 — термопара; 9 — датчик расходомера; 13 — регулирующий вентиль; 15 — блок дистанционного управления приводом.

Логическая схема дает команды: о фиксации на вторичных приборах 10 и 5 показаний, которые были в момент прихода сигнала на логическую схему;

на выключение вентилятора 19 и на закрытие воздушной заслонки 17 исполнительным механизмом 16; на открытие шайбы 2 приводом 3 через блок 4.

После считывания оператором показаний, зафиксированных потенциометрами, ключ 7 ставится в нейтральное положение. Фиксация показаний приборами 5 и 10 прекращается. Схема приходит в исходное состояние. По показаниям потенциометра 5, шкала которого проградуирована в процентах содержания примесей, судят о загрязненности теплоносителя. Если теплоноситель, протекающий через контур, является чистым, то срыва расхода не произойдет. В этом случае команда о прекращении индикации на логическую схему подается потенциометром 5 при определенной, заданной на нем температуре. Логическая схема работает точно так же, как и при срыве расхода. Схема предусматривает дистанционное управление приводами 3, 14, 16 и вентилятором 19.

В настоящее время система успешно эксплуатируется на реакторе БР-5 и внедряется на строящемся реакторе БН-350. Система может найти применение на всех установках с жидкометаллическим теплоносителем.

Поступило в Редакцию 11/VIII 1969 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. А. И. Лейпунский. «Атомная энергия», 23, 396 (1967).
2. В. И. Субботин и др. Alkali Metal Coolants, Vienna IAEA, 1967, 461—478.
3. В. И. Субботин и др. «Атомная энергия», 13, 380 (1962).
4. Д. П. Кэмпбелл. Динамика процессов химической технологии. М., Госхимиздат, 1962.
5. В. А. Диткин, П. И. Кузнецов. Справочник по операционному исчислению. М.—Л., Гостехиздат, 1951.