

установки ± 2 м.м. На конгрессе демонстрировался фильм о работе перегрузочной машины.

Как показал конгресс, статистические методы изучения динамики объектов автоматического управления получили в последнее время значительное развитие. В теоретическом отношении наибольший интерес представляют успехи в учете нелинейной динамики, в особенности работы И. Казакова и Р. Бутона, а также возросшая роль статистических методов в теории оптимальных систем. Хорошее изложение современного состояния статистических методов в автоматическом управлении содержал обзорный доклад В. С. Пугачева.

В области экспериментальной техники статистического анализа динамики наибольший интерес представляют доклад М. Пелегрена (Франция) о моделировании физических случайных функций и несколько докладов по техническому воплощению статистических анализаторов. В работе Пелегрена дается метод, позволяющий ввести специфический шум в моделирующую установку, что является шагом вперед в отношении лучшего отражения моделью свойств реальной системы.

В области разработки статистических анализаторов проявляется в основном тенденция к многоканальности и другим усовершенствованиям, расширяющим возможности этих приборов (быстродействие, увеличение точности, простота и надежность). Наиболее интересными в этом отношении были доклады А. С. Ускова и Ю. М. Орлова (СССР) и И. Крыж (ЧССР). Интересно также работа Б. Велтмана и А. Боса (Голландия), в которой обосновывается применение в автоматическом управлении релейного коррелятора и коррелятора совпадения знаков. Практический интерес представляет доклад Ж. Лозба (Франция), в котором анализируется вопрос о систематических и случайных ошибках при экспериментальном определении передаточных функций.

Среди других докладов, представленных на конгрессе следует отметить работу Е. Блэндхола и И. Балкея (Норвегия), посвященную применению самоадаптирующихся моделей для определения динамических харак-

теристик, доклад Р. Кохенбургера (США), в котором показывается, что проблема самонастройки системы управления при больших изменениях коэффициента усиления объекта может быть решена с применением простейших средств вместо использования сложных устройств типа оптимизаторов.

Интерес представляют доклады по вопросам автоматизации административного управления (Р. Уилкоккс, США), теоретическим вопросам нелинейной динамики, в том числе ядерного реактора (Р. Лаубер, ФРГ) и др.

На выставке, в которой приняли участие многие ведущие зарубежные фирмы, были широко представлены новые элементы электроники, автоматики и вычислительной техники. Приводились сравнительно полные данные по выпуску электронных ламп, транзисторов, модулей, логических элементов, ферритов и т. д. Представляют интерес высоковольтные кремниевые триоды (на 75—100 в), которые выпускает швейцарская фирма «Транзистор АГ». Швейцарская фирма «Эбоше» представила набор логических и других элементов на транзисторах (около 20 типов). Фирма «Атлантик инструментс энд электроникс» (США) экспонировала до 10 типов модулей на транзисторах, используемых в приборах различного назначения, начиная от бортовой аппаратуры ракет и военных самолетов и кончая медицинским оборудованием и связью. Наиболее удачные модули на транзисторах и некоторые вычислительные блоки на этих модулях представила фирма «Диджитал эквипмент корпорейшн» (США).

Как показала выставка, ведущей тенденцией в зарубежной технической радиоэлектронике является широкое применение стандартных высоконадежных модулей на транзисторах в сочетании с печатным монтажом.

Надежность модулей, в частности, повышается путем заливки их специальными составами (в особенности силиконами), обладающими хорошей теплопроводностью и работающими при достаточно высоких температурах (до 250°С).

А. И. Могильнер

Применение радиоактивных изотопов в металлургической промышленности некоторых стран — членов Совета экономической взаимопомощи

За последние годы на металлургических предприятиях Венгрии, ГДР, Польши и Чехословакии начали широко проводиться исследования производственных процессов с применением метода радиоактивных индикаторов. Например, на металлургических заводах Венгрии и Чехословакии для осуществления постоянного контроля за состоянием огнеупорной футеровки доменных печей используется Co^{60} и некоторые другие γ -излучающие изотопы, источники из которых устанавливаются в тех местах, где выгорание огнеупорных материалов наиболее вероятно. По мере износа футеровки огнеупорные материалы разрушаются и уносятся жидким металлом; когда жидкий металл входит в соприкосновение с источником излучения, источник расплавляется в металле и вместе с ним выносятся из печи. Контролируя наличие источников в огнеупорной кладке или активность продуктов плавки, определяют степень износа футеровки. Аналогичный

метод контроля износа огнеупорных материалов применяется на заводах ГДР, Польши, Румынии.

Большое внимание в ГДР, Польше, Чехословакии и других странах уделяется вопросам применения радиоактивных изотопов для изучения степени очистки и выделения примесей в процессе получения чистых металлов.

В Польше для улучшения технологического процесса ректификации цинка проводилось исследование движения и распределения неметаллических включений в ректификационных колонках. Для этой цели использовались Zn^{69} , Cd^{115} , Fe^{59} и Cu^{64} , которыми метились неметаллические включения и затем вводились в металл. Наличие неметаллических включений определялось путем снятия автордиограмм проб полученного металла. Аналогичные исследования проводились на некоторых румынских литейных предприятиях, где радиоактивные изотопы вводились в футеровоч-

ные и огнеупорные материалы, а чистота полученных образцов чугуна и стали определялась по наличию в них активных примесей. Использование результатов этих исследований позволило улучшить качество выпускаемых металлов и выработать соответствующие требования к применяемым огнеупорным материалам.

На румынских химико-металлургических заводах с помощью Au^{198} определялись потери золота в шлаках при получении свинца методом редукционной плавки в печах типа «Уотер-Джонет».

В прокатных и мартеновских цехах венгерских и польских металлургических заводов с помощью радиоактивных индикаторов изучались причины образования шлаковых включений в листовом прокате.

На венгерских металлургических заводах систематически проводятся исследования по определению гидродинамических характеристик сталеваляльных ванн. Для этой цели в различные точки мартеновской печи вводятся радиоактивные изотопы P^{32} , Co^{60} , Fe^{59} и другие, а затем через одинаковые промежутки времени отбирают пробы металла из шлака, измеряют их активность. Измерения продолжают до тех пор, пока величина активности отбираемых проб не станет одинаковой. Таким путем получают данные, характеризующие скорость перемешивания металла в мартеновских печах и ковшах. По полученным данным определяют оптимальное время продолжительности плавки, за которое происходит равномерное распределение легирующих элементов по всей массе выплавляемого металла. Таким же методом исследовались дуговые печи.

Для получения данных, определяющих ход технологического процесса глиноземного производства и оптимальные параметры конструкций мешалок в автоклавах, венгерские специалисты с помощью радиоизотопов проводили исследования процессов прохождения и перемешивания глиноземной пульпы в непрерывно действующих автоклавных линиях, а также изучали процессы осаждения в пятикамерных осадителях глинозема типа «Дорр».

Большое влияние на улучшение технологических процессов сталелитейного и металлургического производства, а также на повышение качества выпускаемых изделий оказали работы по изучению кристаллизации металлов с помощью радиоактивных индикаторов, выполненные на одном из венгерских заводов. В жидкий металл, залитый в изложницу, через определенные промежутки времени вводили радиоактивные изотопы P^{32} , S^{35} , Fe^{59} и др. После остывания слитка изготавливали темплеты, с которых снимались автордиограммы. Другие «меченые» слитки направлялись на прокатный стан, а затем обрабатывались. Автордиограммы предоставили возможность получить наглядную картину зон деформации металла в процессе прокатки и выбрать наиболее подходящие профили валков прокатных станов; получены также данные о скорости затвердевания жидкой стали в изложницах. В результате этих исследований были найдены оптимальные технологические режимы получения доброкачественных слитков металла.

Аналогичным методом венгерские инженеры изучали технологический процесс производства труб от начала отливки до выпуска готовой продукции.

Помимо применения радиоизотопов в качестве меченых атомов для исследования металлургического и сталелитейного производств, ученые и инженеры социалистических стран уделяют большое внимание созданию радиоизотопных приборов для контроля и управления отдельными процессами получения и

обработки металлов. В частности серийно изготавливаются и находят широкое применение в металлургической промышленности радиоизотопные приборы для измерения толщины листового проката. Так, например, в ГДР внедрены приборы типа VA-T-70, а в Чехословакии эксплуатируются приборы типа БМТ. В прокатном цехе металлургического завода им. Ленина в Новой Гуте (Польша) применяются приборы типа ИТУ-495, изготавливаемые в СССР.

Разработанный в Венгрии β -измеритель толщины типа МИ-101/А системы МККЛ позволяет в процессе производства проводить дистанционное измерение толщины металлической фольги в пределах 30–10000 g/m^2 . Принцип действия прибора основан на поглощении β -излучения при прохождении его через контролируемый материал. Схема прибора собрана по дифференциальному принципу. С помощью одной ионизационной камеры осуществляется измерение толщины прокатываемого материала, а другая ионизационная камера представляет собой так называемую эталонную камеру. Токи двух камер включаются навстречу на высокоомном входе усилителя постоянного тока, где получается разностное напряжение, которое характеризует измеряемую величину. Прибор, подключенный на выходе усилителя, непосредственно показывает величину отклонения, выраженную в процентах от установленной величины. Регистрирующий прибор непрерывно печатает результаты измерения, что позволяет прикладывать их к выпускаемой продукции в качестве паспорта. В приборе могут использоваться источники из Pm^{147} для измерения толщины в диапазоне 30–150 g/m^2 , Tl^{204} — в диапазоне 100–1000 g/m^2 , Sr^{90} — в диапазоне 600–5000 g/m^2 и Ce^{144} — в диапазоне 500–10000 g/m^2 . При снятии показаний в средней части шкалы прибора погрешность измерения не превышает $\pm 1\%$, а на краях шкалы погрешность может достигать 2%.

Венгерские ученые разработали также прибор аналогичного назначения, схема которого выполнена на транзисторах. Разработанный польскими учеными β -толщиномер предназначен для непрерывного измерения в процессе производства толщины металлической фольги, а также бумаги, картона, тканей, резины и других изделий с поверхностным весом до 5000 g/m^2 . В качестве источника излучения в зависимости от толщины измеряемого материала используются Pm^{147} , Tl^{204} или Sr^{90} . Источник излучения помещен в специальный металлический контейнер, защищающий обслуживающий персонал от вредного воздействия излучения. Источник излучения и измерительная ионизационная камера укреплены в жесткой конструкции, что дает возможность измерять толщину на расстоянии до 800 мм от края прокатываемой ленты. Результаты измерений отсчитываются при помощи стрелочного прибора, отградуированного непосредственно в единицах толщины, единицах поверхностного веса или же отклонениях от номинальной толщины в пределах установленной погрешности. Кроме того, величина показаний для дальнейших контрольных целей регистрируется на бумажной ленте при помощи самопишущего устройства.

Эксплуатируемые в ГДР на станах холодной прокатки стальной ленты приборы типа VA-T-70 позволяют производить бесконтактное определение веса листового материала (в пределах 0,05–1 kg/m^2) при использовании в качестве источника излучения Tl^{204} от 0,4 до 5,5 kg/m^2 при использовании Sr^{90} . Погрешность измерения прибора составляет $\pm 0,5\%$ в оптимальном диапазоне измерений. Вес пульта управления прибора составляет 42 кг, измерительной скобы — 25 кг

включая измерительную головку (18 кг) и головку излучателя (7,6 кг).

Польские приборы типа MgB-2 и IMg-1 имеют аналогичные пределы измерения. В Чехословацком приборе для тех же целей в качестве источников излучения используются Pm^{147} , Tl^{204} и Sr^{90} , причем диапазон измерения составляет 0,01—5 кг/м².

Разработан и проходит испытания в прокатных цехах румынских металлургических заводов измеритель толщины металлических лент в пределах от 0,1 до 3,5 мм, в котором используются Sr^{90} , Ru^{106} — Rh^{106} . В качестве детектора излучения в этом приборе применяется ионизационная камера, наполненная аргоном под давлением.

Измерение толщины горячего и толстого холодного проката с использованием радиоизотопных приборов осуществляется в опытном порядке на предприятиях Польши, Румынии и Чехословакии.

В приборе, разработанном польскими специалистами, в зависимости от измеряемой толщины проката в качестве источников излучения используются Cs^{137} , Sr^{90} , Tl^{170} и Co^{60} . Источники излучения помещаются в защитный металлический контейнер. Контейнер устанавливается над металлическим листом, сходящим с прокатного стана. Измерительная головка (детектор излучения), представляющая собой сцинтилляционный счетчик, устанавливается под прокатываемым листом. Измерительный блок прибора заключен в герметичный металлический ящик. При измерении горячего проката сцинтилляционный счетчик помещается в ящик с водяной рубашкой. Накапливающаяся на верхней поверхности измерительной головки зендра удаляется сжатым воздухом. Прибор позволяет производить измерения толщины проката листового стали в пределах от 0,8 до 25 мм, при этом допускаемая максимальная скорость прокатки составляет 10 м/сек. Точность показаний прибора составляет 0,05 мм. Максимальная температура прокатываемого металла не должна превышать 1000° С. Расстояние от источника излучения до детектора 1000 мм. Отсчет показаний производится непосредственно по шкале стрелочного прибора.

Два типа измерителей толщины горячего листового проката, проходящих испытания на чехословацких металлургических предприятиях, имеют диапазоны измерения от 1 до 10 мм и от 10 до 100 мм. По предварительной оценке применение указанных приборов позволит получить экономию до 250 тыс. крон в год.

В Чехословакии в промышленных масштабах осуществляется измерение толщины покрытий с использованием радиоизотопных приборов, которые позволяют проводить бесконтактное непрерывное или выборочное измерение толщины оловянного покрытия в процессе электролитического или горячего лужения.

На польских металлургических заводах проходит промышленные испытания прибор для измерения толщины покрытий, в котором используются источники излучения из Sr^{90} и Tl^{204} . На трубопрокатных заводах Венгрии, Польши и Чехословакии радиоизотопные измерители толщины применяются для контроля толщины стенок труб. В качестве детектора излучения в приборе, применяемом на Чепельском металлургическом заводе, используются сцинтилляционные счетчики. Отсчет показаний толщины производится по стрелочному прибору, имеющему растянутую шкалу, что увеличивает точность отсчета. Прибор состоит из измерительной головки с вмонтированными в ней сцинтилляционным счетчиком и предварительным усилителем и вторичного блока, в котором размещены стабилизированный источник питания и электронная часть

измерительного прибора. К измерительной головке может быть подключен кабель длиной в несколько десятков метров. Точность измерения составляет $\pm 1,5\%$ от измеряемой толщины. Для контроля труб из материалов различной толщины и плотности используются Tl^{204} активностью 30 мкюри для измерения фольги толщиной до 1 мм и листов толщиной от 1 до 3 мм, Tu^{170} для измерения листов толщиной от 3 до 8 мм и Ir^{192} для измерения листов толщиной от 6 до 15 мм.

Венгерские специалисты для определения толщины стенок железных, алюминиевых, бронзовых и керамических труб, баллонов и сосудов разработали прибор типа ГОМ-1879/Б системы КФКИ. Применяя различные градуировочные кривые, прибор можно использовать и для контроля толщины стенок труб и сосудов, заполненных жидкостью. Питание прибора может осуществляться как от сети переменного тока, так и от аккумуляторов. Прибор дает возможность контролировать стальные трубы толщиной до 25 мм и диаметром от 5 до 60 мм. Точность измерения прибора составляет $\pm 5\%$, время измерения — 30 сек. Вес прибора около 2,5 кг. На металлургических заводах эти приборы применяются для измерения толщины стенок стальных баллонов, используемых для хранения и транспортировки сжатых газов. Подсчитано, что экономическая эффективность от применения приборов для указанных целей может дать экономию около 1 млн. форинтов.

На машиностроительных и литейных заводах Венгрии, ГДР и Польши работает несколько сот радиоизотопных уровнемеров, с помощью которых осуществляется контроль за уровнем среды в вагранках. На литейных заводах Польши показания радиоизотопного уровнемера для контроля шихтового материала в вагранках передаются на экран, изображающий отдельные зоны вагранки, что позволяет контролировать объем ее загрузки и обеспечивать более высокую производительность. Польские инженеры применяли уровнемеры для определения времени введения и выведения магнитных стержней в чан при сфероидизации чугуна, контролируя верхний и нижний уровни жидкого металла. Для непрерывного регулирования жидкого металла в кристаллизационных аппаратах при непрерывной разливки стали в Чехословакии применяются радиоизотопные уровнемеры типа РБИ-11.

В металлургической промышленности социалистических стран в широких масштабах применяются γ -реле для контроля уровня границы раздела двух сред с различными плотностями, счета числа предметов и в различных устройствах позиционного контроля. Релейные приборы просты по устройству, надежны в эксплуатации и дешевы. Польские специалисты разработали и внедрили автоматическую схему использования γ -релейных приборов типа SMK-2 для синхронизации работы коксовых батарей (загрузочных механизмов) и блокировки привода выталкивающей машины, что позволило исключить аварии при выгрузке кокса и дало большую экономию. В настоящее время в Польше эксплуатируется несколько установок этого типа.

В Румынии применяется автоматизация процесса удаления полукоса из бункера холодильника в полукосовых батареях с помощью γ -реле типа «Гамма дет». В Болгарии γ -реле типа РС-3 и РС-4 используется для определения уровня материала в горнорудных бункерах и резервуарах.

Большое внимание специалисты различных стран уделяют созданию измерителей влажности формовочного песка и угольной пыли. Принцип действия радио-

изотопных влагомеров основан на замедлении нейтронов. Быстрые нейтроны, попадая во влажное вещество, замедляются за счет столкновения с ядрами водорода воды, содержащейся в веществе. Количество замедленных нейтронов будет пропорционально содержанию влаги в веществе. По уже полученным оценкам приборы просты в эксплуатации и дают возможность быстро получить необходимый результат. Конструктивно нейтронный влагомер состоит из источника нейтронов, детектора нейтронов и регистрирующей схемы. В качестве источника нейтронов обычно используются полоний-бериллиевые источники. Так, измеритель влажности формовочного песка типа В-37-1-А системы КФКИ, разработанный в Венгрии, предназначен для измерения и контроля влажности материалов, которые не содержат углеводородов и поглотителей нейтронов (калий, индий). К этим материалам относятся формовочный песок, железная руда, строительные материалы и др. Полоний-бериллиевый источник излучает 10^6 нейтр/сек.

Для измерения медленных нейтронов применяется сцинтилляционный счетчик. Прибор измеряет влажность в пределах от 0 до 12% и от 0 до 6% веса материала. Питание прибора осуществляется от сети переменного тока напряжением 220 в, частотой 50 гц. Подвижная головка прибора имеет размеры $525 \times 175 \times 135$ мм, измерительная головка — $350 \times 30 \times 160$ мм. Вес подвижной головки составляет 7,5 кг, а измерительной головки 10,3 кг. Применение влагомеров на литейных и брикетных заводах Венгрии позволит уменьшить себестоимость выпускаемой продукции на 1—2%.

Дальнейшее развитие работ по внедрению радиоизотопных методов и приборов будет расширяться и углубляться, чему, несомненно, будут способствовать работы, проводимые в Постоянной комиссии Совета экономической взаимопомощи по использованию атомной энергии в мирных целях.

В. И. Силицын

Дозы ионизирующего излучения, влияющие на состав атмосферы радиационных лабораторий

Как известно, под влиянием ионизирующего излучения концентрации кислорода и азота в воздухе уменьшаются и в нем появляются в небольших количествах высокотоксичные озон и окислы азота, а также другие, менее существенные компоненты. Представляет интерес оценить, насколько опасно для обслуживающего персонала появление этих примесей.

Согласно литературным данным [1—4] при атмосферном давлении и температурах $10-30^\circ\text{C}$ количества окислов азота и озона (вес. %), образующихся в воздухе под действием γ -излучения и нейтронов, могут быть определены по следующим соотношениям:

$$[\text{NO}_2] = 6,1 \cdot 10^{-9} E \quad (1)$$

$$[\text{N}_2\text{O}] = 2,8 \cdot 10^{-9} E \quad (2)$$

$$[\text{O}_3] = 45,7 \cdot 10^{-9} E \quad (3)$$

$$[\text{NO}_2] = 3,2 \cdot 10^{-18} F \quad (4)$$

$$[\text{N}_2\text{O}] = 1,4 \cdot 10^{-18} F \quad (5)$$

$$[\text{O}_3] = 8,3 \cdot 10^{-18} F \quad (6)$$

где E — доза облучения, p , F — интегральный поток нейтронов, прошедших через воздух, нейтр/см².

Закись азота наименее токсична из этих трех компонентов. Как видно из выражений (1) — (6), скорость ее образования значительно меньше по сравнению с озоном и двуокисью азота (в которую включено также и образование окиси азота, окисляющейся до двуокиси в воздухе). Таким образом, образованием закиси азота с точки зрения ее опасности для персонала можно пренебречь.

Озон и двуокись азота образуются и в естественных условиях под действием космического излучения, ультрафиолетовой радиации и других причин. Результаты анализов проб воздуха, отобранных при различных метеорологических условиях, а также значения доз облучения E_0 и интегральных потоков нейтронов F_0 , необходимых для получения концентраций примесей в воздухе искусственным путем при помощи облучения, даны в таблице.

Пороговые значения доз облучения и интегральных потоков нейтронов для атмосферного воздуха определяются в основном образованием озона и составляют $50-200 p$ и $1-5 \cdot 10^{11}$ нейтр/см². Таким образом, облучение воздуха дозами ниже $\sim 100 p$ и потоками нейтронов $\sim 2 \cdot 10^{11}$ нейтр/см² в отношении образования вредных примесей может считаться совершенно безопасным. По санитарным правилам [5] предельно допустимая концентрация (ПДК) озона в воздухе рабочих помещений составляет 10^{-4} мг/л или $0,83 \cdot 10^{-5}\%$, а ПДК двуокиси азота — 10^{-3} мг/л или $4,15 \cdot 10^{-4}\%$. Соответственно из уравнений (1) и (3) получаем, что дозы, предельно допустимые по образованию вредных примесей в воздухе, составляют $530 p$ по озону и $6,8 \cdot 10^4 p$ по двуокиси азота. Следует отметить, что образующийся в воздухе озон очень неустойчив и быстро распадается. Поэтому в качестве оптимальной величины при температурах до $10-12^\circ\text{C}$ может быть принята доза облучения $10^3 p$, а при температурах выше $12-15^\circ\text{C}$ — $10^4 p$. Как видно из таблицы, эти значения несущественно превышают максимальное пороговое значение для образования озона и окислов азота в естественных условиях.

Из выражений (4) и (6) соответственно получаем, что предельно допустимое значение интегрального потока нейтронов по образованию озона составляет 10^{12} нейтр/см², а по двуокиси азота $1,3 \cdot 10^{14}$ нейтр/см². Учитывая тенденцию озона к разложению, в качестве предельно допустимой величины нейтронного потока можно взять 10^{12} нейтр/см² при температурах ниже 15°C и 10^{13} нейтр/см² при более высоких температурах. Как видно из таблицы, эти значения также несущественно превышают пороговые потоки нейтронов для образования озона и двуокиси азота в естественных условиях.

Следует отметить, что при облучении воздуха нейтронами образование радиоактивного углерода менее опасно, чем образование озона и двуокиси азота. Как следует из работ [1, 2], при облучении воздуха нейтронами радиоактивный углерод в 90—95% образуется в виде двуокиси углерода, причем при атмосферном