

УДК 621.039.56

**ОПТИМАЛЬНЫЕ СООТНОШЕНИЯ МЕЖДУ ПАРАМЕТРАМИ,
ОБЕСПЕЧИВАЮЩИМИ БЕЗОПАСНОСТЬ ПРИ ПУСКЕ РЕАКТОРА***Юркевич Г.П. (РНЦ «Курчатовский ин-т»)*

Для контроля нейтронного потока при различных видах потенциально опасных работ, загрузке, пуске реактора из подкритического состояния применяется импульсный пусковой канал. Технические требования к импульсному пусковому каналу определяются его задачами. Главной задачей является обеспечение безопасности при физическом и штатном пуске реактора. Во время физического пуска проводятся нейтронно-физические измерения, строится кривая $1/N$ (зависимость величины, обратно пропорциональной мощности, от подкритичности) и формируется аварийный сигнал по периоду с необходимым быстродействием [1]. Построение кривой $1/N$ позволяет осуществить безопасный вывод реактора в критическое состояние. При загрузке корпусных реакторов применяется переносный импульсный канал с нештатными нейтронными детекторами. Так как в этом случае отключено питание СУЗ, аварийная защита отсутствует, переносная аппаратура обеспечивает только построение кривой $1/N$ и формирование предупредительной и аварийной сигнализации.

Контроль плотности нейтронного потока, необходимый для построения кривой и формирования сигнала периода, обеспечивается совокупностью многих параметров. Требования к некоторым из них с точки зрения безопасности при выполнении разных задач — загрузки, физического и штатного пуска могут быть противоречивыми. Например, для повышения ядерной безопасности путем своевременного формирования аварийных сигналов необходимо увеличивать мощность источника первичных нейтронов (спонтанного или дополнительного), но для радиационной безопасности мощность нейтронного источника желательно иметь минимальной. Возможность более раннего контроля нейтронного потока достигается наименьшим начальным счетом импульсного пускового канала. С уменьшением начального счета увеличивается необходимое время счета импульсов, что может привести к росту до недопустимого влияния погрешности измерения импульсных помех, обусловленных их статистическим характером. Для разрешения этих и других противоречий необходимо найти оптимальные соотношения между параметрами, обеспечивающими безопасность при загрузке, физическом и штатном пуске реактора:

исходной подкритичностью реактора при полностью погруженных всех рабочих органах перед физическим пуском $\rho_{\text{под}0}$;

первой ступенью изменения реактивности $\Delta\rho_{\text{под}1}$ при выводе реактора из подкритического состояния $\rho_{\text{под}0}$;

начальным счетом числа импульсов N_0 , в которых измеряется нейтронная мощность, соответствующая $\rho_{\text{под}0}$;

начальной частотой импульсов F_0 ;

чувствительностью импульсного пускового канала $\eta_{\text{и.к.}}$;

плотностью нейтронного потока в месте размещения детектора пускового канала при номинальной мощности реактора $\Phi_{\text{и.к.ном}}$;

частотой импульсных помех, ложного выходного сигнала $F_{\text{л.в.с.}}$;

частотой импульсов пускового канала $F_{\text{и.п.к.}}$, обусловленной нейтронным потоком в месте размещения детектора;
 мощностью спонтанного $S_{\text{сп}}$ и дополнительного нейтронного источника $S_{\text{ист}}$;
 частотой импульсов измерительного канала, обеспечивающей необходимое быстроедействие формирования аварийного сигнала по периоду при выводе реактора в критическое состояние.

Построение кривой $1/N$. При построении этой кривой измеренная мощность N определяется в условных единицах по числу импульсов, полученных за время измерения $t_{\text{и}}$, — $N = Ft_{\text{и}}$ (число импульсов). В настоящей работе измеренная мощность — безразмерная величина. Для одной мощности N может иметь любое числовое значение. Мощность при этом не изменяется, но изменяется погрешность измерения, так как частота импульсов пускового канала имеет статистический характер. Измеренная мощность равна числу дискретных величин за одно измерение, время которого во всех измерениях строго одинаково.

Форма кривой $1/N$ зависит от разных факторов: места и взаимного расположения источника нейтронов и детекторов, рабочих органов, статистического характера нейтронного потока и др. В настоящей работе рассматривается только влияние погрешности, обусловленной статистическим характером нейтронного потока и частоты импульсных помех. Если при физическом пуске реактора после изменения реактивности изменение мощности меньше ошибки измерения, то кривая $1/N$ может стать не только выпуклой, что дает завышенное значение критического положения и плохо с точки зрения ядерной безопасности, но и иметь положительную производную. Для исключения такого хода кривой $1/N$ необходимо иметь ожидаемое измерение мощности $N_{1\text{и}}$ больше предыдущего измерения $N_{0\text{и}}$ с учетом погрешностей δN_1 и δN_0 , вносимых статистическим характером следования импульсов измерительного канала:

$$N_{1\text{и}} = N_1 - \delta N_1 > N_{0\text{и}} = N_0 + \delta N_0.$$

Необходимую измеренную минимальную начальную мощность N_0 ($N_{0\text{мин}}$) можно получить по соотношению $N_1 - \delta N_1 = N_{0\text{мин}} + \delta N_{0\text{мин}}$.

Измеренная мощность N имеет статистический характер с абсолютной погрешностью $\delta N = \sqrt{N}$. Кроме того, погрешность $\delta N_{0\text{мин}}$ и δN_1 имеет случайный характер [2], поэтому при учете возможного наложения таких погрешностей следует учитывать их среднеквадратичное значение. В этом случае

$$N_1 = N_{0\text{мин}} + \sqrt{(\sqrt{N_{0\text{мин}}})^2 + (\sqrt{N_1})^2} = N_{0\text{мин}} + \sqrt{N_{0\text{мин}} + N_1}. \quad (1).$$

При физическом пуске реактора первую ступень $\Delta\rho_{\text{под1}}$ изменения подкритичности можно принять равной доле a_0 исходной подкритичности $\rho_{\text{под0}}$ холодного реактора перед физическим пуском $\Delta\rho_{\text{под1}} = a_0 \rho_{\text{под0}}$. После введения $\Delta\rho_{\text{под1}}$ подкритичность $\rho_{\text{под1}} = \rho_{\text{под0}} - a_0 \rho_{\text{под0}}$.

Изменение мощности подкритического реактора обратно пропорционально изменению подкритичности. В установившемся режиме $N_1/N_{0\text{мин}} \approx \rho_{\text{под0}}/\rho_{\text{под1}}$. Вносимая этим соотношением с учетом подкритичности и ступени изменения реактивности на практике, а также с учетом того, что при эффективном коэффициенте размножения $K_{\text{эф}} < 1$ и установившейся мощности подкритичность $\rho_{\text{под}} \approx 1 - K_{\text{эф}} = 1/M$, погрешность не превысит 2,5%. С учетом этой погрешности

$$N_1 = N_{0\min}/(1 - a_0). \quad (2)$$

Подставив из уравнения (2) значение N_1 в уравнение (1), получим $N_{0\min} = (a_0^2 - 3a_0 + 2)/a_0^2$. Минимальный начальный счет импульсов $N_{0\min}$ без учета импульсного ложного выходного сигнала и обусловленной им погрешности зависит только от первой ступени введения реактивности при физическом пуске реактора.

Импульсы ложного выходного сигнала увеличивают измеренный счет импульсного канала, что завышает вычисляемое критическое положение рабочих органов, ухудшая условия ядерной безопасности. Перед физическим пуском следует измерить ложный выходной сигнал, затем его вычесть из полученных измерений. Так как можно учесть только средний импульсный ложный сигнал, то дополнительно следует учесть влияние погрешности измерения $N_{л.в.с.}$. Как правило, источник импульсного ложного сигнала не известен, поэтому можно принять, что его частота импульсов $F_{л.в.с.}$ имеет статистический характер с абсолютной погрешностью $\delta N_{л.в.с.} = \sqrt{2t_n F_{л.в.с.}}$. Эта погрешность является еще и случайной, следовательно, должна учитываться как среднеквадратичная с другими случайными погрешностями. Счет импульсов N_1 после введения первой ступени реактивности с учетом среднеквадратичной погрешности минимального счета импульсов, счета импульсов после введения первой ступени реактивности и погрешности, обусловленной импульсным ложным выходным сигналом, определится как

$$N_1 = N_{0\min} + \sqrt{N_1 + N_{0\min} + 2t_n F_{л.в.с.}}, \quad (3)$$

где t_n — время измерения, с, в течение которого измеряется $N_{0\min}$ и N_1 путем суммирования импульсов измерительного канала.

Подставив N_1 из уравнения (2) в уравнение (3), получим $N_{0\min}$ с учетом погрешности $\sqrt{2t_n F_{л.в.с.}}$ частоты импульсного ложного сигнала:

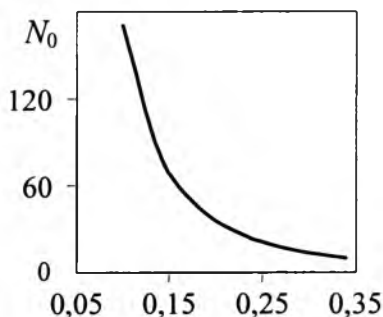
$$N_{0\min} = [(1 - a_0)/a_0] \left\{ [0,5(2 - a_0)/a_0] + \sqrt{[0,25(2 - a_0)^2/a_0^2] + 2t_n F_{л.в.с.}} \right\}. \quad (4)$$

Подставив $t_n = N_{0\min}/F_0$, которое определяется при условии $F_0 > F_{л.в.с.}$, в уравнение (4), получим

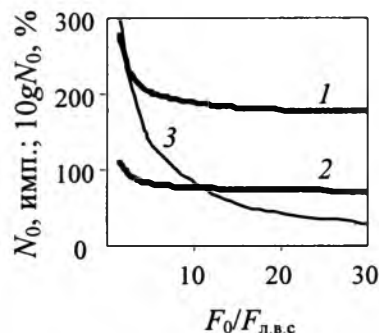
$$N_{0\min} = [(1 - a_0)/a_0^2] [2 - a_0 + (2 - 2a_0)F_{л.в.с.}/F_0]. \quad (5)$$

Влияние частоты $F_{л.в.с.}$ импульсного ложного сигнала учитывается после определения $N_{0\min}$ по формуле (4) или (5). Минимальный начальный счет числа импульсов $N_{0\min}$ с учетом погрешности, обусловленной статистическим характером потока нейтронов и ложного выходного сигнала, зависит от выбранной первой ступени изменения реактивности при физическом пуске реактора, а также от соотношения между частотой импульсного ложного выходного сигнала и начальной частотой импульсов пускового канала.

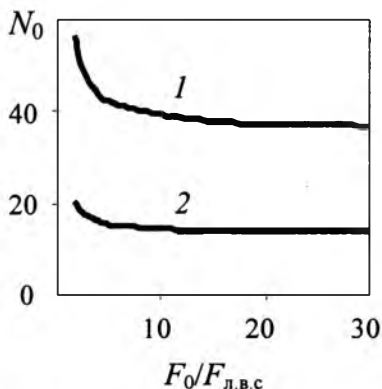
Зависимость минимального начального счета от ступени изменения реактивности показана на рис. 1, от соотношения $F_0/F_{л.в.с.}$ — на рис. 2 и 3. Зависимость погрешности измерения $\delta N_{л.в.с.}$ начального счета импульсов, вносимой ложным выходным сигналом, от $F_0/F_{л.в.с.}$ показана на рис. 2. В процессе увеличения мощности



Р и с. 1. Зависимость начального счета от степени введения реактивности



Р и с. 2. Зависимость начального счета при $a = 0,1$ (1), $a = 0,15N_0$ (2) и погрешности измерения, обусловленной ложным сигналом, при $a = 0,1$ (3) от $F_0/F_{л.в.с}$



Р и с. 3. Зависимость начального счета при $a = 0,2$ (1), $a = 0,3$ (2) от $F_0/F_{л.в.с}$

Плотность потока нейтронов спонтанного деления

$$\Phi_{\text{сп}} = S_{\text{сп}} \nu \ell / V = (15,8G_{238} + 0,72G_{235}) 2,2 \cdot 10^5 \ell / V,$$

где $\nu = 2,2 \cdot 10^5$ см/с — скорость тепловых нейтронов, производящих деление; ℓ — время жизни мгновенных нейтронов; V — объем активной зоны.

относительная погрешность $\delta N_{\text{л.в.с}}$, вносимая $F_{\text{л.в.с}}$, будет уменьшаться. С уменьшением начальной частоты импульсов пускового канала увеличивается время суммирования импульсов и соответственно число импульсов и погрешность ложного выходного сигнала.

Нейтронный источник. Чем выше частота импульсов измерительного канала во время выхода реактора в критическое состояние, которая в значительной мере зависит от начальной частоты, тем выше вероятность формирования аварийного сигнала по периоду с необходимым для безопасности быстроедействие. Начальная частота импульсов пускового канала пропорциональна мощности источника нейтронов. Практика радиационной безопасности при физическом пуске показывает, что желательно иметь источник нейтронов мощностью менее 10^8 с $^{-1}$. Для упрощения определения мощности дополнительного нейтронного источника предположим, что он является так же, как спонтанный, распределенным (пространственно и энергетически) в соответствии с основной гармоникой. В других случаях, например, при несимметричном размещении дополнительного источника нейтронов относительно центра активной зоны расчет его мощности усложняется. Поэтому предлагаемую методику определения мощности дополнительного источника нейтронов следует считать оценочной.

Мощность $S_{\text{сп}}$ источника нейтронов, созданная спонтанным делением 1 кг ^{238}U , равна $15,8$ с $^{-1}$, ^{235}U — $0,72$ с $^{-1}$:

$$S_{\text{сп}} = 15,8G_{238} + 0,72G_{235},$$

где $G_{238,235}$ — масса ^{238}U и ^{235}U соответственно, кг.

Мощность спонтанного источника нейтронов с учетом размножения нейтронов

$$S_{\text{м.сп}} = S_{\text{сп}} M = (15,8G_{238} + 0,72G_{235}) M,$$

где $M = 1/(1 - K_{\text{эф}})$ — подкритический коэффициент размножения нейтронов; $K_{\text{эф}}$ — эффективный коэффициент размножения нейтронов.

Плотность потока нейтронов спонтанного деления с учетом размножения

$$\Phi_{\text{м.сп}} = M\Phi_{\text{сп}} = MS_{\text{сп}}v\ell/V = S_{\text{м.сп}}v\ell/V.$$

Плотность потока нейтронов, созданная с помощью дополнительного источника нейтронов $S_{\text{ист}}$, с учетом размножения $\Phi_{\text{ист}} = MS_{\text{ист}}v\ell/V$.

Плотность потока нейтронов, обусловленная спонтанным делением и дополнительным источником нейтронов, с учетом размножения $\Phi_{\text{м.с}} = (S_{\text{м.сп}} + S_{\text{ист}})vM\ell/V$. Отсюда мощность дополнительного источника $S_{\text{ист}} = V\Phi_{\text{м.с}}/vM\ell - S_{\text{м.сп}}$.

Минимальная плотность потока, обеспечивающая контролируемый пуск реактора при размещении камеры деления в активной зоне, $\Phi_{\text{м.с.мин}} = \eta_{\text{н.к}}F_{0\text{мин}}$, где $\eta_{\text{н.к}}$ — чувствительность импульсного пускового канала к плотности нейтронного потока; $F_{0\text{мин}}$ — минимальная начальная частота импульсов пускового канала. Тогда минимальная мощность дополнительного источника нейтронов

$$S_{\text{ист.мин}} = V\eta_{\text{н.к}}F_{0\text{мин}}/vM\ell - S_{\text{м.сп}}. \quad (6)$$

Если в месте расположения нейтронного датчика плотность нейтронного потока $\Phi_{\text{н.к.мин}}$ меньше в $k_{\text{осл}}$ раз, чем в активной зоне, то $\Phi_{\text{н.к.мин}} = k_{\text{осл}}\eta_{\text{н.к}}F_{0\text{мин}}$, минимальная мощность дополнительного нейтронного источника

$$S_{\text{ист.мин}} = V k_{\text{осл}}\eta_{\text{н.к}}F_{0\text{мин}}/vM\ell - S_{\text{м.сп}}. \quad (7)$$

Параметры, необходимые для построения зависимости $1/N$ при физическом пуске, определяются в следующей последовательности.

1. Фиксируются известные данные: чувствительность импульсного пускового канала $\eta_{\text{н.к}}$, частота импульсного ложного выходного сигнала $F_{\text{л.в.с}}$, исходная (начальная) подкритичность $\rho_{\text{под0}}$, мощность нейтронного источника, созданная спонтанным делением урана при начальной подкритичности $S_{\text{м.сп}}$, время жизни мгновенных нейтронов ℓ , плотность потока нейтронов в реакторе $\Phi_{\text{ном}}$ и в месте размещения нейтронного детектора $\Phi_{\text{н.к}}$ при номинальной мощности, коэффициент ослабления $k_{\text{осл}} = \Phi_{\text{ном}}/\Phi_{\text{н.к}}$. При нагреве активной зоны, например, энергетического реактора необходимо учитывать разницу $k_{\text{осл}}$ холодной и горячей активной зоны.

2. Задается первая ступень изменения реактивности $\Delta\rho_{\text{под1}}$ в долях исходной подкритичности $a_0 = \Delta\rho_{\text{под1}}/\rho_{\text{под0}} = M_0\Delta\rho_{\text{под0}}$.

3. В зависимости от $F_{\text{л.в.с}}$ принимается начальная частота F_0 импульсного измерительного канала с учетом условия $F_0 > F_{\text{л.в.с}}$ (см. рис. 2).

4. По формуле (6) вычисляют $N_{0\text{мин}}$ с учетом погрешности ложного выходного сигнала. Определяют величину $t_{\text{и}} = N_{0\text{мин}}$ и число импульсов $N_{\text{л.в.с}}$ ложного выходного сигнала за время измерения $t_{\text{и}}$: $N_{\text{л.в.с}} = F_{\text{л.в.с}} t_{\text{и}}$. С учетом ложного выходного сигнала начальный счет импульсов $N_{\text{нач}} = N_{0\text{мин}} + N_{\text{л.в.с}}$. Уточняют время измерения $t_{\text{и}} = N_{\text{нач}}/F_0$.

5. Определяется минимальная плотность потока, обеспечивающая контролируемый пуск реактора при размещении камеры деления в активной зоне $\Phi_{\text{м.с.мин}}$ и вне активной зоны $\Phi_{\text{н.к.мин}}$, а также необходимая для этого мощность источника нейтронов $S_{\text{ист}}$ и $S_{\text{ист.мин}}$ по формуле (6) или (7).

Расчет мощности источника по рассмотренной методике позволяет получить интересные выводы. Уменьшение начальной подкритичности в 3 раза приводит к усилению действия спонтанного источника нейтронов и возможности снижения

необходимой мощности дополнительного источника нейтронов почти в 20 раз. Чем больше подкритичность активной зоны, чем меньше мощность источника нейтронов, созданная спонтанным делением топлива, тем больше зависимость необходимой мощности дополнительного нейтронного источника от импульсного ложного выходного сигнала. Одной из важнейших задач при разработке переносного импульсного измерительного канала для контроля нейтронного потока при загрузке активной зоны следует считать уменьшение импульсного ложного сигнала.

Формирование сигнала периода. Безопасность при штатном ручном и автоматическом, а также физическом пуске из подкритического состояния обеспечивается формированием аварийного сигнала по периоду с необходимым быстродействием при выходе реактора в критическое состояние. В соответствии с определением быстродействия [1] для обеспечения безопасности при пуске реактора постоянная времени в цепи формирования аварийного сигнала по периоду не должна превышать 5 с. При такой постоянной времени в импульсном пусковом канале устойчивый режим автоматического регулирования периода может быть получен при частоте импульсов не менее 4000 с^{-1} . [3]. В аварийной ситуации скорость введения реактивности может быть выше скорости, установленной для автоматического пуска, выход реактора в критическое состояние может произойти при частоте импульсов пускового канала меньше 4000 имп./с . Обеспечить необходимое качество регулирования и безопасность проще при отдельном формировании сигнала периода для автоматического пуска и аварийной защиты. В цепи формирования сигнала периода для автоматического регулирования периода при пуске оптимальная постоянная времени равна $\sim 10 \text{ с}$ [1]. Это позволяет снизить минимальную частоту импульсного пускового канала, при которой достигается оптимальное качество автоматического пуска, соответственно уменьшить начальную частоту пускового канала и мощность нейтронного источника. Кроме того, снижение скорости введения реактивности при автоматическом пуске также позволяет иметь меньшую начальную частоту импульсов пускового канала и мощность источника нейтронов.

По требованиям безопасности при подходе к критическому состоянию реактора ступень изменения реактивности не должна превышать $0,3\beta_{\text{эф}}$. Но это не означает, что при подкритичности $0,3\beta_{\text{эф}}$ частота импульсов пускового канала должна быть не менее 4000 с^{-1} . В диапазоне изменения подкритичности от $0,75\beta_{\text{эф}}$ до нуля мощность изменяется в несколько раз, например, при скорости изменения реактивности $0,032\beta/\text{с}$ примерно в 2,5 раза [3]. С увеличением скорости введения реактивности это значение будет уменьшаться. Однако при выводе реактора в критическое состояние уверенное формирование аварийного сигнала по периоду с необходимым быстродействием возможно, если при подкритичности, равной $0,75\beta_{\text{эф}}$, частота импульсов $F_{\text{а.с.мин}}$ на выходе пускового канала в момент формирования аварийного сигнала будет не менее 4000 с^{-1} . Для $F_{\text{а.с.мин}} = 4000 \text{ с}^{-1}$ в подкритичности $0,75\beta_{\text{эф}}$ минимальная начальная частота импульсов при физическом пуске из подкритичности $\rho_{\text{под0}} = 1/M_0 F_{0\text{мин}} = F_{\text{а.с.мин}} M_0/M_{0,05}$. Например, минимальная начальная частота импульсов F_0 при $F_{\text{л.в.с}} = 1 \text{ с}^{-1}$ и пуске из подкритичности $\rho_{\text{под0}} = 6\%$ равна:

4 с^{-1} для построения кривой $1/N$, обеспечивающей безопасный контролируемый пуск;

33 с^{-1} для выработки сигнала аварийной защиты по периоду при выходе в критическое состояние во время физического пуска;

90—200 с⁻¹ для выработки сигнала аварийной защиты по периоду при выходе в критическое состояние во время автоматического пуска при раздельном формировании сигнала периода для регулирования и аварийной защиты.

Во время загрузки (в отличие от частичной перегрузки некоторых типов реактора) приводы рабочих органов СУЗ отключены, отсутствует возможность аварийной защиты. По уменьшению периода формируется только предупредительная и аварийная сигнализация. Это позволяет с допустимым быстродействием для контроля процесса загрузки активной зоны формировать сигнал периода при частоте импульсов от 100 с⁻¹ и постоянной времени 20 с.

Выводы. 1. Необходимую для безопасного пуска начальную частоту импульсов импульсного пускового канала и мощность источника нейтронов можно уменьшить:

снижением скорости изменения реактивности при автоматическом пуске;
размещением импульсного нейтронного детектора в области с плотностью потока нейтронов до $5 \cdot 10^{12}$ с⁻¹·см⁻² при номинальной мощности [1];

раздельным формированием сигнала периода для использования в цепях автоматического пуска (с постоянной времени до 10 с) и аварийной защиты (например, с постоянной времени 4—5 с или другими специальными мерами [1]);

снижением частоты импульсов пускового канала, при которой формируется аварийный сигнал по периоду с необходимым быстродействием. В рассматриваемом случае эта частота принята равной 4000 с⁻¹.

2. Требования к параметрам импульсного пускового канала и выбору мощности источника нейтронов, обеспечивающие безопасность при автоматическом пуске из подкритического состояния реактора, выше, чем при физическом пуске, и значительно выше, чем для построения кривой $1/N$. Требования к параметрам импульсного пускового канала штатной СУЗ следует определять по безопасности при автоматическом пуске реактора.

3. Наличие минимальной начальной частоты импульсов менее 1 с⁻¹ для штатного пускового канала СУЗ реактора не вызвано каким-либо требованием, кроме необходимости измерения частоты импульсного ложного выходного сигнала, которую желательно иметь менее 1 с⁻¹.

4. При построении кривой $1/N$ начальный счет импульсов зависит в первую очередь от ступени изменения реактивности и частоты импульсного ложного выходного сигнала.

5. Важной задачей при разработке переносного импульсного канала для контроля нейтронного потока при загрузке активной зоны является уменьшение импульсного ложного выходного сигнала.

6. При частоте на выходе импульсного пускового канала 100 с⁻¹ в цепи формирования предупредительного сигнала по периоду можно допустить увеличение постоянной времени до 20 с. В большей мере это относится к загрузке и физическому пуску. При увеличении частоты импульсов постоянную времени следует уменьшать.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Юркевич Г.П. Системы управления энергетическими реакторами. М.: ЭЛЕКС-КМ, 2001.
2. Зайдель А.Н. Элементарные оценки ошибок измерений. Л.: Наука, 1967.

3. Расчетный анализ испытаний ЛКМ на графитовой призме с изотопным источником нейтронов и моделирование автоматических пусков. Отчет 12.775. ФГУП НИКИЭТ им. Н.А. Доллежала, 2002.
4. Владимир В.И. Практические задачи по эксплуатации ядерных реакторов. М.: Энергоатомиздат, 1981.

Поступила в Редакцию 6.05.03

УДК 621.039.76:551.508.2:551.777

РАДИАЦИОННЫЙ КОНТРОЛЬ ПРОМПЛОЩАДКИ ВНИИХТ_a

Шаталов В.В., Лобачев Ю.А. (ФГУП ВНИИХТ)

ВНИИХТ является предприятием, занимающимся в течение длительного времени разработкой технологии гидрометаллургической переработки руд и концентратов редких, рассеянных и радиоактивных элементов. Широкомасштабные исследовательские работы, проводимые в лабораториях и на установках, являются радиационно опасными.

Территориально институт расположен в городской черте, вблизи оживленных транспортных магистралей, поэтому исследование радиационной обстановки на территории промплощадки и зоны наблюдения является одним из направлений работ. Потребность в достоверной информации о пространственно-временном радиоактивном загрязнении территории и зоны наблюдения определила необходимость радиационного контроля для надежной оценки и прогноза обстановки. На территории института и прилегающей к ней определяется содержание радионуклидов в атмосферном воздухе, в сточных и ливневых водах, радиоактивных аэрозолей в пробах воздуха на выходе из газоочистных устройств вентиляционных систем, мощность экспозиционной дозы γ -излучения. Помимо систематического наблюдения за загрязнением радионуклидами окружающей среды от мест их использования до вывоза отходов на захоронение контроль включает в себя систему сбора, обработки и обобщения информации о радиационной обстановке и прогнозе состояния окружающей среды с целью не допустить нарушений, приводящих к ее загрязнению.

Радиационное обследование территории института в 2002 г. включало в себя плановый и оперативный дозиметрический контроль промплощадки и прилегающей территории, включая берег р. Москвы, и выявление локальных источников радиоактивного загрязнения на промплощадке (грунт, бытовые и промышленные отходы, строительный мусор, металлолом и др.).

Радиационное обследование промплощадки и зоны наблюдения проводили с помощью радиометра-дозиметра МКС-01-Р и радиометра СРП-96. Первый из них предназначен для комплексного радиационного контроля окружающей среды, измерения мощности экспозиционной дозы γ -излучения и плотности потока β -частиц с загрязненных поверхностей. Второй с диапазоном измерения от 0 до 3000 мкР/ч применяли для оперативного радиационного контроля, поиска источников γ -излучения и измерения его потока [1].