

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИМПУЛЬСНОГО КАНАЛА КОНТРОЛЯ РЕАКТИВНОСТИ В ЦЕЛЯХ ЭКСПЛУАТАЦИОННОГО КОНТРОЛЯ ХАРАКТЕРИСТИК АКТИВНОЙ ЗОНЫ РЕАКТОРА БН-600 ЭНЕРГОБЛОКА № 3 БЕЛОЯРСКОЙ АЭС

**В.А. Желтышев\*, В.А. Литицкий\*\*, И.П. Матвеевко\*\***

*\*Белоярская АЭС, г.Заречный*

*\*\*ГНЦ РФ-Физико-энергетический институт им. А.И. Лейпунского, г.Обнинск*



За 30-летнюю историю эксплуатации реактора БН-600 Белоярской АЭС разработан широкий спектр расчетных и экспериментальных мер по контролю над эксплуатационными характеристиками активной зоны реактора.

Использование импульсного канала контроля реактивности производства ФГУП «ГНЦ РФ-ФЭИ» привело к разработке дополнительных методов контроля, которые позволяют повысить как безопасность, так и экономичность эксплуатации реактора БН-600.

Накопленный при разработке дополнительных методов контроля опыт может служить основой при проведении однотипных работ для реактора БН-800 и других перспективных реакторов на быстрых нейтронах.

**Ключевые слова:** исполнительный механизм, рабочий орган СУЗ, импульсный канал контроля реактивности, среднеквадратическое отклонение, подкритичность.  
**Key words:** actuator, control rod, reactivity monitoring counting channel, mean-root-square error, subcriticality.

### ВВЕДЕНИЕ

С 2006 г. в составе системы контроля реактивности реактора БН-600 находится импульсный канал контроля реактивности (ИКК) разработанный ФГУП «ГНЦ РФ-ФЭИ» в соответствии с техническим заданием (ТЗ) [1].

В состав ИКК входит счетчик нейтронов СНМ-18-1, усилитель-преобразователь импульсов (УПИ), блок питания, линии связи и реактиметр ЦВР-10 [2] в качестве вторичного устройства. ИКК позволяет контролировать реактивность подкритического реактора (далее – подкритичность) непосредственно в единицах  $\beta_{эфф}$ . Контроль возможен как полностью заглушенного всеми рабочими органами (РО) СУЗ реактора, так и в процессе вывода реактора в критическое состояние. Особый интерес представляет оперативный контроль подкритичности при взведенных РО А31-5,П, поскольку эта величина регламентируется нормативным документом [3].

Для отображения скорости счета и расчета подкритичности используется программа OCS [4], реализованная на персональном компьютере. В программе OCS имеется предусмотренный ТЗ [1] алгоритм отображения как текущих скорости счета и подкритичности, так и усредненных за определенное время указанных параметров.

В работе приведено описание разработанных на Белоярской АЭС методов эксплуатационного контроля характеристик активной зоны в подкритическом состоянии с использованием ИКК.

## МЕТОДЫ ЭКСПЛУАТАЦИОННОГО КОНТРОЛЯ

### Метод контроля сцепления-расцепления РО СУЗ с исполнительными механизмами

В настоящее время для контроля сцепления-расцепления РО СУЗ с исполнительными механизмами (ИМ) используются штатные аппаратура и механизмы реактора БН-600.

При выполнении операции установки штанги ИМ в перегрузочное положение РО СУЗ оператор контролирует наличие или отсутствие РО СУЗ в захвате ИМ по изменению скорости счета штатных импульсных каналов со счетчиками нейтронов СНМ-18-1.

Важным с точки зрения оператора своевременным достоверным и наглядным контролем наличия РО СУЗ в захвате ИМ является статистический разброс значений скорости счета СНМ-18-1. На рисунке 1 для иллюстрации приведено изменение средней по адресам информационно-вычислительной системы (ИВС) 10673, 10700, 10705 скорости счета трех штатных импульсных каналов за период приблизительно 600 секунд во время перемещения РО РС2 с нижнего концевого выключателя (НК) до верхнего концевого выключателя (ВК) и обратно.

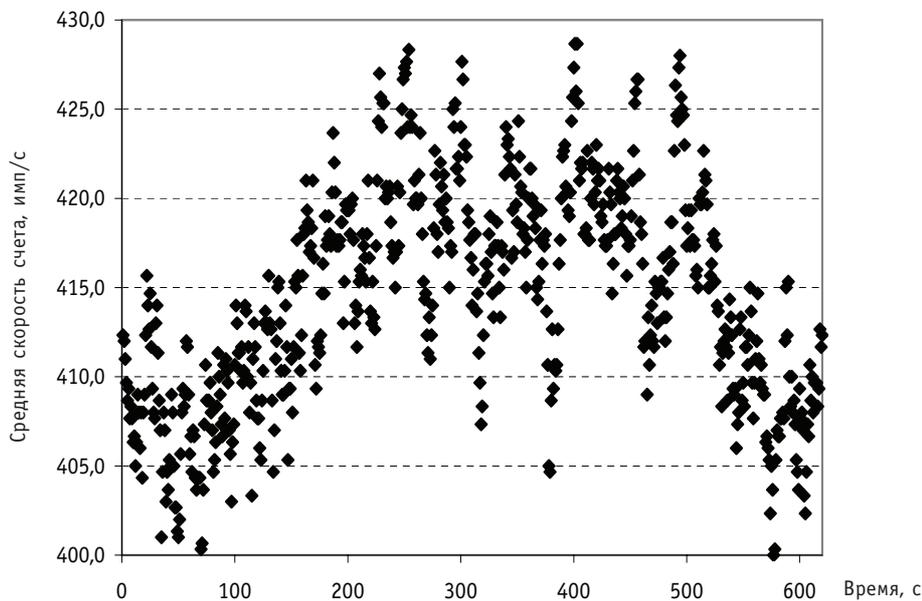


Рис. 1. Изменение средней скорости счета при перемещении РО РС2

Из рисунка следует, что статистический разброс средней скорости счета перед началом перемещения РО РС2 составляет не менее 15-ти импульсов в секунду для доверительной вероятности 0,95 (среднеквадратическое отклонение (СКО), кото-

рое является количественной оценкой величины статистического разброса, составило 4,01 импульсов в секунду). Величина «полезного» увеличения средней скорости счета за счет перемещения РО РС2 с НК до ВК составляет ~ 16 импульсов в секунду, что практически совпадает с величиной статистического разброса.

Очевидно, что при частичном перемещении РО СУЗ (например, с НК до положения, скажем, 300 мм по УП) величина «полезного» сигнала будет существенно меньше. Поэтому для «легких» РО СУЗ контроль изменения средней скорости счета становится практически невозможным. Статистический разброс средней скорости счета можно уменьшить, если производить усреднение показаний счетчиков нейтронов СНМ-18-1 за определенный промежуток времени. Если переместить РО СУЗ и произвести выдержку времени, то через промежуток времени, равный времени усреднения, произойдет увеличение средней скорости счета. Причем это увеличение может оказаться «значимым», т.е. превышать начальное перед перемещением РО СУЗ значение средней скорости счета на некоторое количество СКО в зависимости от выбранного уровня доверия.

В таблице 1 приведены средние значения скорости счета и СКО, полученные при различных временах усреднения перед началом перемещения различных РО СУЗ.

Таблица 1

**Средние значения и СКО перед началом перемещения РО СУЗ, имп/с**

РО СУЗ	Без усреднения		Усреднение за 30 с		Усреднение за 90 с	
	Среднее	СКО	Среднее	СКО	Среднее	СКО
РС2	409,90	4,47	408,01	1,56	407,82	0,44
РС2	409,65	2,46	409,24	0,43	408,90	0,22
РС2	409,37	4,01	409,86	1,82	408,89	0,40
КС14	409,04	2,82	407,33	0,76	407,90	0,41
КС18	406,52	4,49	407,33	1,10	406,91	0,25
КС9	405,80	5,29	405,72	1,21	405,24	0,39
КС15	405,70	3,67	404,46	2,51	403,74	0,42

На рисунке 2 для иллюстрации приведены изменения средней скорости счета (время усреднения 90 с) и положения по УП для РО КС9, у которого прирост скорости счета после перемещения с НК до ВК минимальный среди РО КС.

Из рисунка следуют два важных вывода. Во-первых, уже после перемещения РО КС9 в положение 100 мм по УП начинается устойчивый рост средней скорости счета. Второй вывод заключается в том, что, если извлечь РО КС9 в положение ~ 250 мм по УП и сделать выдержку времени 90 с, то прирост средней скорости счета через 90 с достигнет «значимой» величины (~3 имп/с)

Уровень доверия к величине роста увеличивается за счет снижения значения СКО. По данным, полученным по ИКК, при дальнейшем увеличении времени усреднения происходит уменьшение значения СКО до ~ 0,18 импульсов в секунду при времени усреднения 240 с. Однако, исходя из оптимизационных условий по минимизации времени выдержки и величине перемещения РО СУЗ, было решено для контроля наличия РО СУЗ в захвате ИМ использовать значения средней скорости счета с временем усреднения 90 с.

В соответствии с ТЗ [5] в 2007 г. была разработана программа автоматизированного определения наличия РО СУЗ в захвате ИМ. В течение 2007–2009 гг. программа находилась в опытной эксплуатации, в процессе которой были разрабо-

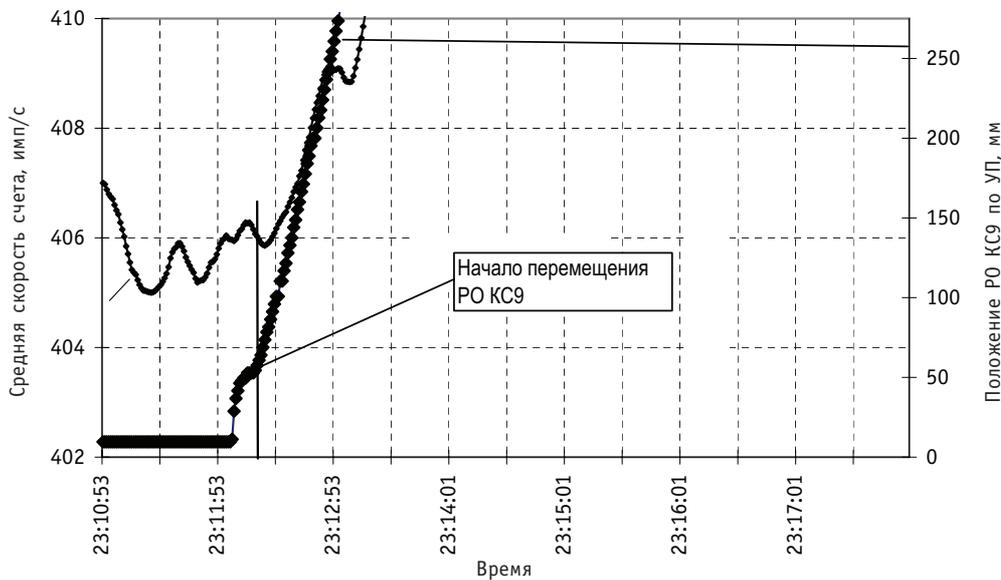


Рис. 2. Изменение скорости счета при перемещении РО КС9

таны единые для всех РО СУЗ критерии их наличия в захвате ИМ, минимизировано время выдержки и разработаны алгоритмы для появления на ИВС расчетно-логических сигналов. Дополнительное максимальное реакторное время при выполнении программы составляет 81 мин.

Опыт разработки и результаты реализации программы могут быть использованы на реакторе БН-800, причем с большей эффективностью по сравнению с БН-600, поскольку на реакторе БН-800 количество каналов контроля нейтронной мощности больше, имеются внутрибаковые датчики, обеспечивающие более высокую чувствительность к изменению плотности потока нейтронов.

### **Использование ИКК для контроля подкритичности при взведенных РО А31-5,П**

В настоящее время на реакторе БН-600 контроль подкритичности при взведенных РО А31-5,П осуществляется двумя способами. Первый способ основан на использовании расчетного комплекса ГЕФЕСТ и применяется на этапе планирования перегрузки реактора на следующую микрокампанию (МК). Второй способ основан на измерениях запаса реактивности и эффективности второй системы останова реактора (РО КС + РО РС) в начале МК после вывода реактора на уровень мощности  $0,1\%N_{ном}$ . В соответствии с методикой [6] искомая подкритичность определяется как разность запаса реактивности и эффективности второй системы останова. При определении эффективности отдельных РО СУЗ методом ОРУК [7] учитываются пространственные эффекты, возникающие в реакторе во время движения РО СУЗ.

После ввода в эксплуатацию ИКК появилась возможность оперативно контролировать подкритичность заглушенного реактора в режиме реального времени, в том числе и при взведенных РО А31-5,П (третий способ). При таком контроле необходимо обосновать погрешность определения подкритичности при взведенных РО А31-5,П с использованием ИКК, так как эксплуатационный контроль физической величины должен производиться с учетом погрешности ее определения, как того требует положение о контроле паспортных характеристик [8].

**Обоснование погрешности измеренной подкритичности при взведенных РО АЗ1-5,П с использованием ИКК**

Программа OCS, используемая для расчета подкритичности, не учитывает пространственные эффекты, возникающие в реакторе во время перемещения РО СУЗ. Поэтому значения подкритичности, получаемые по программе OCS, отличаются от значений, получаемых первыми двумя способами. Для оценки этого отличия был проанализирован имеющийся опыт вывода реактора на уровень мощности  $0,1\%N_{ном}$  в начале 53, 54, 55, 56, 57 МК. Подробно результаты анализа приведены в отчете [9].

Интересующая нас величина отличия подкритичности по ИКК (П) от измеренной подкритичности вторым способом (И) приведена в табл. 2.

В отчете [9] приведена процедура использования поправочных коэффициентов к величине подкритичности заглушенного всеми РО СУЗ реактора, в соответствии с которой на ИКК непосредственно перед началом извлечения РО АЗ1-5,П на ВК должна быть выставлена подкритичность, связанная с расчетной по ГЕФЕСТ подкритичностью определенным уравнением. Смысл введения поправки заключается в устранении упомянутых выше пространственных эффектов.

В таблице 3 приведены значения прогнозной подкритичности заглушенного всеми РО СУЗ реактора, полученной на этапе расчетов по комплексу ГЕФЕСТ, рекомендованные значения на ИКК перед взводом РО АЗ1-5,П, а также отличия подкритичностей при взведенных РО АЗ1-5,П после введения поправки.

Из данных таблицы следует, что в случае использования поправочного коэффициента к прогнозной подкритичности заглушенного реактора, полученной по

Таблица 2

**Отличие подкритичности по ИКК (П) и измеренной подкритичности вторым способом (И), в %dk/k**

№ МК	П	И	П-И
53	-1,33	-1,74	0,41
54	-1,16	-1,62	0,46
55	-1,77	-2,41	0,64
56	-1,70	-2,11	0,41
57	-1,70	-2,44	0,74

Таблица 3

**Отличие подкритичностей после введения поправки в %dk/k**

№ МК	И	П <sub>п</sub>	П <sub>пр</sub>	П <sub>пн</sub>	И - П <sub>пн</sub>
53	-1,74	-5,15	-6,92	-1,78	0,04
54	-1,62	-4,76	-6,56	-1,65	0,03
55	-2,41	-5,67	-7,36	-2,28	-0,13
56	-2,11	-5,46	-7,19	-2,17	0,06
57	-2,44	-5,77	-7,44	-2,39	-0,05
58	-2,30	-5,24	-7,00	-2,20	-0,10
-	-	-	-	средн.	-0,024
-	-	-	-	СКО	0,081
д.и. (P = 0,99)					0,326

И – измеренная подкритичность; П<sub>п</sub> – прогнозная подкритичность заглушенного реактора (по ГЕФЕСТ); П<sub>пр</sub> – прогнозная подкритичность заглушенного реактора, выставленная на ИКК; П<sub>пн</sub> – подкритичность по ИКК при взведенных РО АЗ 1-5,П после введения поправки; д.и. – доверительный интервал; P – вероятность

ГЕФЕСТ, можно оперативно контролировать подкритичность реактора при взведенных РО А31-5,П с использованием ИКК. С вероятностью 0,99 подкритичность при взведенных РО А31-5,П по ИКК не будет отличаться от измеренной более  $0,33\%dk/k$ .

С учетом погрешности измеренной подкритичности, определенной в отчете [9] ( $0,17\%dk/k$ ), погрешность измеренной подкритичности по ИКК составляет  $0,382\%dk/k$  для доверительной вероятности 0,99.

Значение эксплуатационного предела в соответствии с отчетом [9] составляет минус  $1,01\%dk/k$ . Таким образом, при оперативном контроле подкритичности при взведенных РО А31-5,П с использованием ИКК значение подкритичности не должно превышать минус  $1,39\%dk/k$ .

### **Обоснование погрешности измеренной подкритичности при взведенных РО А31-5 с использованием ИКК**

Для того чтобы при оперативном контроле не нарушать оцененное допустимое значение подкритичности при взведенных РО А31-5, необходимо контролировать значение подкритичности при взведенных РО А31-5 и знать прогнозное изменение подкритичности за счет извлечения на ВК РО АЗП. Поэтому кроме подкритичности при взведенных РО А31-5,П после введения поправки к подкритичности заглушенного реактора были получены подкритичности и при реперных положениях РО СУЗ, что позволило оценить изменение подкритичности по ИКК при извлечении отдельных групп РО СУЗ. В таблице 4 приведены «эффективности» в подкритическом состоянии систем РО А31-5,П, РО АЗП и РО КСЦ+РО РС в положении 450 мм по УП.

Таблица 4

#### **Изменение подкритичности при извлечении групп РО СУЗ в $\%dk/k$**

№ МК	А31-5,П	АЗП	КСЦ+РС
53	5,11	0,34	0,633
54	4,97	0,27	0,651
55	4,99	0,36	0,685
56	5,05	0,31	0,614
57	5,07	0,35	0,612
58	5,08	0,24	0,669
Среднее	5,045	0,312	0,644
СКО	0,054	0,048	0,030
д.и. ( $P = 0,99$ )	0,219	0,193	0,120

Из данных таблицы следует, что для непревышения допустимого значения подкритичности при взведенных РО А31-5,П допустимое значение подкритичности при взведенных РО А31-5 не должно быть больше минус  $1,90\%dk/k$ . Это консервативное значение, поскольку принято среднее значение «эффективности» РО АЗП. В 55, 56, 57 МК в реакторе эксплуатировался РО АЗП сборки 1663-01, эффективность которого больше эффективности РО АЗП сборки 2633 (53, 54, 58 МК). По мере накопления статистики в последующих МК изменение подкритичности за счет извлечения РО АЗП и доверительный интервал могут быть уточнены и, соответственно, допустимое значение подкритичности при взведенных РО А31-5 увеличено (практически до минус  $1,70\%dk/k$ ).

Использование ИКК позволяет в режиме реального времени контролировать подкритичность реактора при взведенных РО А31-5,П. Обоснованная погрешность определения подкритичности позволяет формализовать процедуру контроля подкритичности при взведенных РО А31-5,П с точки зрения выполнения требований НП-082-07.

### Оперативный контроль по ИКК положения РО КС1-18 в критическом состоянии

Представляет особый интерес оперативный контроль по ИКК положения РО КС1-18 в критическом состоянии. Для выяснения возможности такого контроля были построены зависимости подкритичности по ИКК от положения РО КС1-18 по указателю положения (УП) в процессе вывода реактора на уровень мощности  $0,1\%N_H$  для 53, 54, 55, 58 МК (рис. 3).

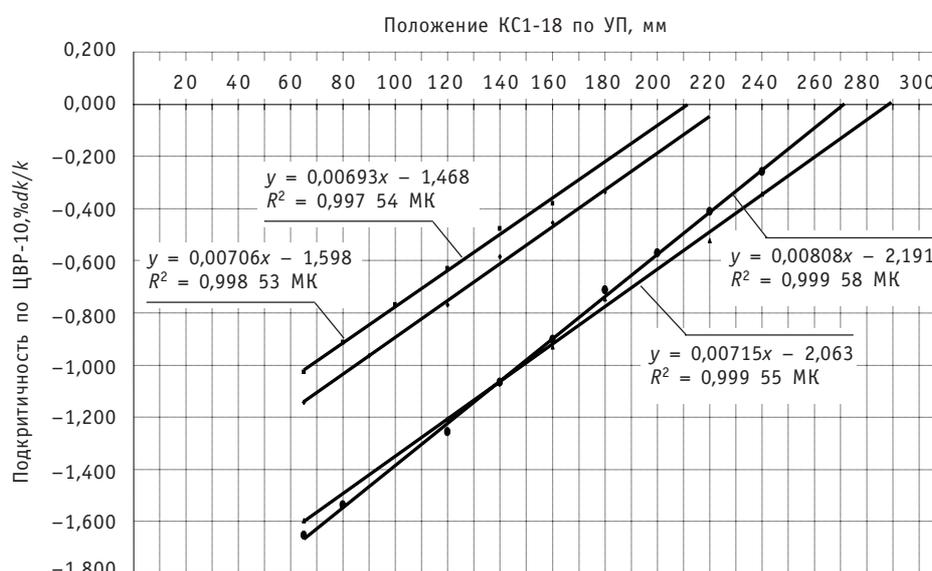


Рис. 3. Зависимость подкритичности по ИКК от положения РО КС1-18

Коэффициенты наклона в уравнениях на рис. 3 равны значению эффективности одного миллиметра системы РО КС1-18 в подкритическом состоянии, а свободный член – значению подкритичности при нахождении РО КС1-18 на жестком упоре (ЖУ). Значение коэффициента наклона в 58 МК заметно отличается от остальных МК, что объясняется загрузкой в реактор в 58 МК четырех свежих РО КС с повышенной плотностью карбида бора.

По значениям подкритичности по ИКК в положении РО КС1-18 на НК и среднему значению коэффициента наклона на рис. 3 были получены прогнозные положения РО КС1-18 в критическом состоянии. Сравнение прогнозных положений с фактическими приведено в табл. 5.

Из данных таблицы следует, что, используя значение подкритичности по ИКК в положении РО СУЗ в соответствии с технологическим регламентом (РО А31-5,П, РО КСЦ на ВК, РО РС1,2 – 450 мм по УП), можно определить положение РО КС1-18 в критическом состоянии с приемлемой точностью. Для доверительной вероятности 0,99 отличие прогнозного положения РО КС1-18 от фактического не превышает 34 мм. По мере накопления статистики контроля в последующих МК значение коэффициента в табл. 5 может быть уточнено и, соответственно, точность прогноза увеличена.

Таблица 5

**Сравнение прогнозных положений РО КС1-18 с фактическими**

№ МК	П (по ИКК), %dk/k	Коэфф., %dk/k/мм	H <sub>ф</sub> , мм	H <sub>пр</sub> , мм	H <sub>ф</sub> -H <sub>пр</sub> , мм
53	-1,14	0,00706	231	221	10
54	-1,03	0,00693	209	205	4
55	-1,60	0,00715	292	284	8
56	-1,58	-	267	281	-14
57	-1,79	-	299	310	-11
58	-1,65	0,00808	282	291	-9
Среднее	-	0,00731	-	-	-2
СКО	-	0,00052	-	-	8,5
д.и. (P = 0,99)	-	0,00211	-	-	34

П – подкритичность по ИКК; Коэфф. – коэффициент наклона (из рис. 3); H<sub>ф</sub> – фактическое положение РО КС1-18 в критическом состоянии; H<sub>пр</sub> – прогнозное положение РО КС1-18 в критическом состоянии; д.и. – доверительный интервал.

Таблица 6

**Сравнение прогнозных положений РО КС1-18 с фактическими**

A31-5,П-ВК				
№ МК	П (по ИКК), %dk/k	H <sub>ф</sub> , мм	H <sub>пр</sub> , мм	H <sub>ф</sub> -H <sub>пр</sub> , мм
53	-1,78	231	220	11
54	-1,68	209	207	2
55	-2,28	292	289	3
56	-2,19	267	276	-9
57	-2,40	299	305	-6
58	-2,32	282	294	-12
Среднее	-	-	-	-2
СКО	-	-	-	8,8
д.и.	-	-	-	35
A31-5-ВК				
№ МК	П (по ИКК), %dk/k	H <sub>ф</sub> , мм	H <sub>пр</sub> , мм	H <sub>ф</sub> -H <sub>пр</sub> , мм
53	-2,11	231	223	8
54	-1,94	209	200	9
55	-2,64	292	295	-3
56	-2,51	267	278	-11
57	-2,76	299	312	-13
58	-2,56	282	284	-2
Среднее	-	-	-	-2
СКО	-	-	-	9,2
д.и.	-	-	-	37

Особый интерес представляет возможность контроля прогнозного положения РО КС1-18 в критическом состоянии из более «ранних» точек в процессе вывода реактора на уровень мощности  $0,1\%N_n$ . По значениям подкритичности по ИКК в реперных положениях РО СУЗ и «эффективности» РО А31-5,П, РО АЗП, РО КСЦ+РО РС, приведенным в табл. 4, и среднему значению коэффициента наклона на рис. 3 были получены прогнозные положения РО КС1-18 в критическом состоянии. Сравнение прогнозных положений РО КС1-18 с фактическими приведено в табл. 6 (обозначения те же, что в табл. 5).

Из данных табл. 6 следует, что существует возможность определения прогнозного положения РО КС1-18 в критическом состоянии и в положении РО А31-5,П на ВК и в положении РО А31-5 на ВК, поскольку разброс отличия фактического положения от прогнозного увеличивается незначительно по сравнению с состоянием РО КС1-18 на НК.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

1. Использование ИКК на реакторе БН-600 позволило решить важные задачи для эксплуатации энергоблока № 3 Белоярской АЭС. Разработаны дополнительные процедуры и критерии определения наличия РО СУЗ в захвате ИМ. На их основе внедрена в эксплуатацию автоматизированная программа контроля сцепления-расцепления ИМ с РО СУЗ, реализованная на ИВС.

2. Использование ИКК позволяет в режиме реального времени контролировать подкритичность реактора при взведенных РО А31-5,П. Обоснованная погрешность определения подкритичности позволила формализовать процедуру контроля подкритичности при взведенных РО А31-5,П с точки зрения выполнения требований НП-082-07.

3. Обоснован метод определения с помощью ИКК прогнозного положения РО КС1-18 в критическом состоянии из положения РО А31-5 на ВК, РО А31-5,П на ВК с приемлемой для выполнения требований эксплуатационной документации погрешностью.

4. По мере накопления опыта погрешность оперативного контроля подкритичности при взведенных РО А31-5 с использованием ИКК может быть снижена. Существует также возможность дальнейшего снижения и погрешности определения прогнозного критического положения РО КС1-18 в критическом состоянии.

5. Накопленный опыт использования ИКК на реакторе БН-600 по контролю и разработке методов эксплуатационного контроля характеристик активной зоны может быть полезен при разработке аналогичных методов для реактора БН-800. Причем предложенные методы могут быть использованы на реакторе БН-800 с большей по сравнению с реактором БН-600 эффективностью, поскольку на реакторе БН-800 имеются внутрибаковые детекторы нейтронов и количество каналов контроля больше.

### **Литература**

1. Техническое задание на ОКР «Разработка модернизированной системы контроля реактивности реактора БН-600 Белоярской АЭС», утв. заместителем технического директора концерна «Росэнергоатом» Ю.В. Копьевым от 09.12.2003.
2. Реактиметр ЦВР-10 Руководство по эксплуатации Э.091.6834 РЭ. – ФГУП «ГНЦ РФ-ФЭИ», 1999.
3. Правила ядерной безопасности реакторных установок атомных станций НП-082-07. – М., 2007.
4. Программа контроля подкритичности OCS. – ФГУП «ГНЦ РФ-ФЭИ», 2006.
5. Техническое задание на создание программы контроля сцепления-расцепления исполни-

тельных механизмов с рабочими органами СУЗ реактора БН-600, № 38-4/5-597 от 30.07.2007 с изменениями №№ 1,2,3,4,5. – Белоярская АЭС.

6. Методика определения нейтронно-физических характеристик на реакторе БН-600 Белоярской АЭС. – Белоярская АЭС, ФГУП «ГНЦ РФ-ФЭИ», ОАО «ОКБМАфрикантов», 2009.

7. Матвеев И.П., Литицкий В.А., Шокодъко А.Г. Учет пространственных эффектов при измерении реактивности // Вопросы атомной науки и техники. Сер. Физика и техника ядерных реакторов. – 2008. – Вып. 2. – С. 41-47.

8. Временное положения о порядке контроля паспортных характеристик РУ БН-600, РД ЭО 0443-03. – М., 2003.

9. Сопровождение условий действия лицензий. Корректировка «Положения о паспорте РУ блока АС», отчет № 38-3/4-457 от 18.05.2010. – Белоярская АЭС.

Поступила в редакцию 14.10.2010

the design lifetime. The results of the completed work have shown that the serviceability of the replaceable equipment is ensured for 45 years of operation.

#### **УДК 621.039.56**

*Problem of the Lowering of the Nuclear Power Plant Personnel Exposure* \O.L. Tashlykov, S.E. Shcheklein, V.I. Bulatov, A.G. Shastin; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika» (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2011. – 6 pages, 3 illustrations. – References, 7 titles.

The data on the change in the personnel exposure at different stages of the nuclear power plant life cycle are presented. The evolution of the measures on reduction in the exposure and their efficiency are considered. The role of the remote and automated devices in the reduction of the personnel exposure during maintenance and inspection is shown. The main fields of the studies on solving the tasks of the personnel exposure optimization during the NPP decommissioning are presented.

#### **УДК 621.039.58**

*Beloyarsk NPP BN-600 Reactor Unit 3 Lifetime Extension* \A.M. Zavalishen, S.L. Kim, V.V. Maltsev; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika» (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2011. – 12 pages, 9 illustrations. – References, 19 titles.

The analysis of the condition of the BN-600 power unit equipment is reviewed, the possibility, the safety and the appropriateness of the power unit lifetime extension is assessed as well as the measures taken to improve the power unit safety and replace its equipment and extend its lifetime are presented.

#### **УДК 621.039.56**

*Utilization of the Reactivity Monitoring Counting Channel for In-Service Monitoring of Beloyarsk NPP Unit 3 BN-600 Reactor Core Characteristics* \V.A. Zhyoltyshev, V.A. Lititsky, I.P. Matveenko; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika» (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2011. – 10 pages, 6 tables, 3 illustrations. – References, 9 titles.

The utilization of the reactivity monitoring counting channel manufactured by the Federal state unitary enterprise “State scientific centre “IPPE” has allowed the additional reactivity monitoring methods which make it possible to improve both the safety and effectiveness of the reactor operation to be developed. The experience accumulated during the development can serve as the basis during the work of the same type for the BN800 reactor and other perspective fast reactors.

#### **УДК 621.039.54**

*Location of the Failed Fuel Sub-Assemblies in the BN-600 Reactor Core using a Sector Failed Fuel Detection System* \A.S. Zhilkin, S.A. Gurev, S.L. Osipov, A.V. Salyaev, V.A. Shamansky, A.G. Tsikunov; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika» (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2011. – 9 pages, 2 tables, 6 illustrations.

The results of the development of the algorithm and M36 code which is used to define a direction to the failed fuel sub-assembly in the core, a sector and a group of the slots in the sector where the failed fuel sub-assembly is located are presented. The results of the calculation using the M36 code are compared with the test data and the generally good agreement for the reactor core slots is shown.

#### **УДК 621.039.54**

*Automated Complex for Nondestructive Examination of the Irradiated BN-600 Reactor Components* \M.V. Kuprienko, S.S. Sagalov, A.N. Kostyuchenko, E.V. Kubasov; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika» (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2011. – 9 pages, 9 illustrations. – References, 5 titles.

The state-of-the-art methodological equipment for the post-irradiation examination of the condition of the sub-assemblies and absorbing and fuel pins of the BN-600 reactor has been developed. Equipping the Beloyarsk NPP shielded cell with the process and research equipment of the second modification allows the efficient diagnosis of the condition of the BN-600 reactor core components to be presently conducted.