

# КЛАССИФИКАЦИЯ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ОПЕРАТИВНОГО ПЕРСОНАЛА АТОМНЫХ СТАНЦИЙ

**А.Н. Анохин**

*Обнинский институт атомной энергетики, г. Обнинск*



Статья посвящена систематизации анализа ошибок операторов АС и причин, их вызывающих. Предлагаемый подход к систематизации основан на детальной классификации факторов, оказывающих влияние на деятельность оперативного персонала АС. Данная классификация представляет собой пятиуровневую иерархию из 82 факторов, объединенных в 25 категорий. Для выявления наиболее значимых факторов был проведен экспертный опрос, в котором в качестве экспертов принимали участие 9 операторов АС. Они должны были ответить на вопрос о трех основных проблемах в их оперативной работе. В результате были выделены следующие наиболее значимые факторы: групповая деятельность, эмоциональная среда, сложность задач и организация информации на БЩУ.

## ВВЕДЕНИЕ

Еще в начале 80-х гг. научно-исследовательские институты разных стран, а также компании, эксплуатирующие атомные станции (АС), активизировали работы по сбору статистического материала и анализу ошибок оперативного персонала (ОП). Однако внимательный анализ и попытки осмысления этих данных наталкиваются на ряд проблем, таких как отсутствие однозначного определения понятия “ошибка оператора”, разобщенность классификаций ошибок, разнородность методик их регистрации. Нередки случаи, когда статистические данные об ошибках содержат в одном ряду перечень ошибок и их причин. Примером служат данные специалистов института INPO, которые делят ошибки ОП на 1) ошибки в действиях (47%); 2) недостатки в обучении (11%); 3) неспособность следовать установленной инструкции (11%); 4) неспособность выполнять не предусмотренные инструкцией задачи [1]. За исключением п. 1 эти данные отражают причины и источники возникновения ошибок, а не сами ошибки.

Избежать таких противоречий можно, лишь опираясь на некоторые общие принципы систематизации данных об ошибках операторов АС. По мнению автора, основой такой систематизации должна стать модель совершения ошибки, включающая пять основных компонентов, а именно:

- 1) *обстоятельства* совершения ошибки (эксплуатационный режим и состояние АС, при которых была совершена ошибка);
- 2) *источники* ошибки (личные качества и функциональное состояние оператора в момент совершения ошибки);

- 3) *причины*, вызвавшие или спровоцировавшие ошибку (факторы, влияющие на деятельность оператора);
- 4) *содержание* ошибки;
- 5) наблюдаемые и ненаблюдаемые *последствия* ошибки.

Целью настоящей статьи является исследование п.3, т.е. структурирование факторов, оказывающих влияние на деятельность ОП АС, и выявление тех факторов, которые потенциально образуют наиболее вероятные причины совершаемых операторами ошибок.

**ОБЗОР ПРИЧИН СОВЕРШЕНИЯ ОШИБОК ОПЕРАТОРАМИ АС**

Сегодня многие авторы уделяют особое внимание причинам (в литературе встречается также термин “коренные причины”) и условиям, в которых совершаются ошибки. Соответствующие данные опубликованы в 80–90-х гг. на конференциях и в отчетах МАГАТЭ и АЯЭ ОЭСР, в работах М. Розена, А. Суэйна, В. Абрамовой и др. В табл. 1 сведены данные из различных литературных источников, позволяющие получить общее представление об этих причинах и их относительной значимости.

Для удобства причины ошибок объединены в три группы: факторы личности, эргономические факторы и организационно-психологические факторы (относительные веса этих групп приведены в крайнем правом столбце). Каждый столбец таблицы содержит количественную или качественную информацию, взятую из одного литературного источника. Число отражает удельный вес данной причины относительно всех остальных причин, указанных данным источником (сумма столбца составляет 100%). Символ “+” означает, что данная причина лишь упомянута без указания количественной оценки. Пропуск означает, что данная причина не упомянута в цитируемом источнике.

Таблица 1

**Основные причины ошибочных действий персонала АС**

Причина	Относительный вклад (в процентах), наличие									
Личные качества	–	–	–	62	11	9	+	–	–	20
Подготовленность	37	+	+	16	6	10	+	–	–	
Мотивация	–	+	–	–	–	–	+	–	–	
Процедуры	9	+	+	6	34	19	–	45	–	40
Рабочее место и ЧМИ	–	+	+	–	20	18	+	–	–	
Рабочая среда	–	+	–	–	–	–	+	–	–	
Коммуникация	–	+	–	–	9	15	–	10	35	
Организация работы	–	–	+	–	6	10	+	45	–	40
Управление	46	–	–	–	14	12	–	–	–	
Сложность задач	–	–	+	13	–	–	–	–	–	
Изменение оборудования	–	–	–	–	3	5	–	–	–	
Социально-психологический климат	–	–	–	–	–	–	+	–	–	

Из табл.1 видно, что наиболее значимыми источниками ошибочных действий персонала АС являются некорректные процедуры, неадекватный человеко-машинный интерфейс (ЧМИ) и неэффективная тренировка. Эти выводы характерны как для зарубежных, так и для отечественных публикаций, что подтверждается далее в настоящей работе.

## КЛАССИФИКАЦИЯ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ОПЕРАТОРОВ АС

Итак, основой структурирования причин операторских ошибок может стать общая классификация факторов, влияющих на деятельность ОП АС. Несмотря на широкое распространение подобных классификаций в справочной эргономической литературе, в ядерной энергетике до сих пор отсутствует комплексная проработка этого вопроса с учетом специфики отрасли.

Предлагаемая в данной статье классификация развивает идею, изложенную в работе [2]. Суть этой идеи состоит в том, что роль и место различных факторов в деятельности оператора определяются на основе модели "вход-выход-состояние". Согласно этой модели оператор представляется как динамическая система, на вход которой воздействуют факторы, т.е. свойства объекта управления (ОУ), человеко-машинного интерфейса (ЧМИ) и внешней по отношению к оператору среды, характеризующие условия деятельности человека-оператора в эргатической системе. Там же приводится примерная классификация факторов, влияющих на когнитивную деятельность, согласно которой выделяются 16 групп факторов.

Указанная работа получила дальнейшее развитие. В результате изучения специальной литературы, отчетов, станционной документации и реального операторского опыта предложенная классификация была уточнена. Уточненная классификация содержит пять уровней, на которых различаются:

- 1) источники, порождающие факторы (в качестве источников факторов по-прежнему выступают ОУ, ЧМИ и среда, в которой функционирует оператор);
- 2) общие свойства ОУ, свойства и компоненты ЧМИ, а также разновидности среды;
- 3) категории факторов (всего выделено 25 категорий) (табл. 2);
- 4) факторы, влияющие на деятельность ОП АС (табл. 3);
- 5) составные элементы фактора – различные условия, признаки, показатели,

Таблица 2

### Категоризация факторов, влияющих на деятельность ОП АС

Источник факторов	Свойство (разновидность) источника	Категория факторов (КФ)
Объект управления	Сложность ОУ	1. Абстрактная сложность 2. Реальная сложность 3. Субъективная сложность
	Ограничения ОУ	4. Временные ограничения 5. Точностные ограничения 6. Ограничения опасности
	Надежность ОУ	7. Частота отказов 8. Наложение отказов
Человеко-машинный интерфейс	Общая организация ЧМИ	9. Качество информационной модели 10. Организация информации 11. Организация щита управления 12. Разделение функций 13. Автоматизация управления
	Средства отображения информации	14. Дисплеи, сигнализация, мнемосхема, показывающие приборы и др.
	Органы управления	15. Ключи, кнопки, клавиши и др.

Среда	Организационная среда	16. Административное управление 17. Операциональное (алгоритмическое) обеспечение 18. Профессиональное обеспечение 19. Напряженность деятельности 20. Организация работы
	Социально-психологическая среда	21. Внешняя (по отношению к АС) среда 22. Внутренняя среда
	Материальная среда	23. Санитарно-гигиеническое обеспечение 24. Биомеханическое и антропометрическое обеспечение 25. Эстетическое обеспечение

свойства, характеризующие проявление и величину (значение) данного фактора (*прим.* – большинство составных элементов могут рассматриваться как самостоятельные факторы).

Факторы и их составные элементы объединены в компьютерную базу данных, где для каждого фактора (элемента) дается определение, краткая характеристика и ссылка на литературные источники, содержащие более подробное описание фактора и методики его измерения.

Таблица 3

**Классификация факторов, влияющих на деятельность ОП АС**

КФ	Обозначение	Фактор	Составные элементы
1	ОУ-СА-1	Число элементов	—
	ОУ-СА-2	Число взаимосвязей	—
	ОУ-СА-3	Характер процессов	Режим эксплуатации, динамика, исполнительные действия, когнитивная активность
2	ОУ-СР-1	Характер задач	—
	ОУ-СР-2	Число задач	—
	ОУ-СР-3	Сложность задач	Число и сложность операций, условий, вариантов, интерференция задач, зоны сомнения
	ОУ-СР-4	Число параметров	—
	ОУ-СР-5	Число элементов управления	—
3	ОУ-СС	—	—
4	ОУ-ОВ	—	—
5	ОУ-ОТ	—	—
6	ОУ-ОО	—	—
7	ОУ-НЧ	—	—
8	ОУ-НН	—	—
9	ЧМИ-ОМ-1	Недостаток информации	Неизмеряемые параметры, косвенные признаки, недоступная и потерянная информация
	ЧМИ-ОМ-2	Тип модели	—
	ЧМИ-ОМ-3	Избыток информации	Малозначимая и дублирующая информация
10	ЧМИ-ОИ-1	Распределение между операторами	—

КФ	Обозначение	Фактор	Составные элементы
	ЧМИ-ОИ-2	Компоновка	—
	ЧМИ-ОИ-3	Структура	Структурно-системная, иерархическая, технологическая, функциональная организация
	ЧМИ-ОИ-4	Интегрированность	—
11	ЧМИ-ОЩ-1	Взаимная согласованность элементов	—
	ЧМИ-ОЩ-2	Структура	Структура зон (контуров), панелей, пультов, консолей
	ЧМИ-ОЩ-3	Поколение	—
12	ЧМИ-ОФ-1	Роль человека	В стационарных, переходных, аварийных, поста-варийных режимах, при отклонениях
	ЧМИ-ОФ-2	Роль автоматики	
13	ЧМИ-ОА-1	Регуляторы	Функции, диапазон работы, взаимодействие с человеком, адекватность поведения, взаимная согласованность, надежность
	ЧМИ-ОА-2	Защита, блокировки	
	ЧМИ-ОА-3	АСУ ТП, ИВС	
	ЧМИ-ОА-4	СПО	
14	ЧМИ-И-1	Значимость	Важность информации в контексте ситуации, полезность, содержательная нагрузка, частота и способ использования, отображение динамики, расчетов и прогноза
	ЧМИ-И-2	Форма	Модальность и параметры сигнала (яркость, цвет, громкость, контрастность, частота мелькания, угловой размер, разрешение), способ кодирования, мерность и абстрактность кода, длина алфавита, качество маркировки и исполнения
	ЧМИ-И-3	Организация	Структурированность и компоновка, ориентация и пространственные соответствия, простота, наглядность, принцип «черной панели»
	ЧМИ-И-4	Объем	Общий, значимый, резервный, число форматов, дисплеев, мнемознаков, линий, пересечений
	ЧМИ-И-5	Доступность	Объем и качество клавиатуры, алгоритмы доступа к форматам, эффект «замочной скважины»
	ЧМИ-И-6	Достоверность	Надежность ЭВМ, мониторов, приборов, индикаторов; резервирование, точность, погрешность, параллактическое смещение, надежность показаний при малых отклонениях параметра, ложные срабатывания и несрабатывания, возможность обнаружения отказа
15	ЧМИ-У-1	Согласованность	Со стереотипами движений, со средствами отображения информации
	ЧМИ-У-2	Защищенность	—
	ЧМИ-У-3	Компоновка	—
	ЧМИ-У-4	Форма, объем	—
16	С-ОА-1	Цели и стратегии	Иерархия целей, приоритеты, долгосрочное планирование
	С-ОА-2	Организационная структура	—

КФ	Обозначение	Фактор	Составные элементы
	С-ОА-3	Управленческие механизмы	—
	С-ОА-4	Руководство	—
	С-ОА-5	Кадровая политика	Численность персонала, структура персонала, подбор персонала, преемственность, обеспечение деятельности, безопасность труда
	С-ОА-6	Управление производством	—
	С-ОА-7	Организационные знания	—
	С-ОА-8	Взаимодействие	Документооборот, формализация, вертикальные и горизонтальные связи
17	С-ОО-1	Структура деятельности	Задачи, функции и роль оператора, пассивность, активность, типы поведения
	С-ОО-2	Алгоритмы деятельности	Состав и последовательность выполнения операций, пространственно-временные связи
	С-ОО-3	Процедуры	Полнота описания, объем, непротиворечивость, адекватность, актуальность, удобство работы и доступа, структура изложения, оформление
18	С-ОП-1	Отбор	—
	С-ОП-2	Подготовка	Знания, умения, навыки, частота, продолжительность, качество программ, качество тренажеров, групповая тренировка
	С-ОП-3	Контроль	Проверки знаний, аттестация, лицензирование, предсменный и периодический психофизиологический контроль, медицинский осмотр
19	С-ОД-1	Напряженность: физическая	Статическая и динамическая физическая нагрузка, гиподинамия
	С-ОД-2	операционная	Продолжительность непрерывной работы, темп работы, коэффициент загрузки
	С-ОД-3	информационная	Длительность наблюдения, параметры потока информации
	С-ОД-4	интеллектуальная	Сложность задачи, стереотипность задачи
	С-ОД-5	эмоциональная	Монотония, раздражители, стрессоры, риск
20	С-ОР-1	Режим работы	Время суток, длительность смены, длительность отдыха, сверхурочные работы, месячная и недельная загрузка
	С-ОР-2	Групповая деятельность	Состав и структура смены, распределение обязанностей и ответственности, взаимозаменяемость, взаимодействие, коммуникация, согласованность, совместимость
	С-ОР-3	Документация	—
21	С-ПН-1	Удаленность	Моносистемность, городские власти, городская инфраструктура, альтернативная работа
	С-ПН-2	Законодательство	—
	С-ПН-3	Экология	—
	С-ПН-4	Экономика	Неплатежи, монополизм, внешние организации
	С-ПН-5	Культура	—
	С-ПН-6	Образование	—

КФ	Обозначение	Фактор	Составные элементы
	С-ПН-7	Общественное мнение	Средства массовой информации, профсоюзы, экологические движения
22	С-ПВ-1	Культура безопасности	Безопасное мышление, осознание ответственности, соблюдение требований, консервативность, атмосфера открытости, выявление проблем
	С-ПВ-2	Психологический климат	—
	С-ПВ-3	Мотивация	Быт, семья, карьера, удовлетворенность, система стимулирования, гордость за станцию
23	С-МС-1	Сфера: физическая	Электромагнитные излучения, микроклимат (температура, давление, относительная влажность, скорость движения воздуха), механические свойства (общая и местная вибрация, ускорения и удары, непрерывный и импульсный шум)
	С-МС-2	химическая	Газовый состав воздуха, вредные примеси, вредные компоненты в материалах
	С-МС-3	биологическая	Микроорганизмы, макроорганизмы (растения, больные люди)
	С-МС-4	Освещенность	Уровень, спектральный состав, пульсация, равномерность, блескость
24	С-МА-1	Рабочее место	Форма и размеры рабочего кресла, фактура и расположение рабочих поверхностей, рабочая поза и положения
	С-МА-2	Рабочее пространство	Форма и объем помещения, входы, выходы, перемещения, рабочие зоны, доступ и досягаемость оборудования, обзор
	С-МА-3	Рабочая одежда	—
25	С-МЭ-1	Композиция	Рациональность форм, композиционная целостность и единство, цветовая композиция
	С-МЭ-2	Графическое оформление	Обозначения и маркировка, предупредительные знаки, надписи
	С-МЭ-3	Интерьер	—

## МЕТОДИКА ВЫЯВЛЕНИЯ ЗНАЧИМЫХ ФАКТОРОВ

Для выявления факторов, потенциально образующих причины операторских ошибок, был использован метод экспертных оценок. В качестве экспертов (респондентов) выступали 9 операторов Калининской (КлнАЭС) и Игналинской (ИАЭС) АЭС, занимающие основные оперативные должности на АС: ведущий инженер по управлению реактором (ВИУР) – 4 респондента; ведущий инженер по управлению турбиной (ВИУТ) – 1 респондент; начальник смены блока (НСБ) – 2 респондента; начальник смены реакторного цеха (НСРЦ) – 1 респондент; оператор химводоочистки (ОХВО) – 1 респондент. Эксперты характеризуются следующими квалификационными показателями:

средний возраст, годы.....34 (от 24 до 40),  
общий стаж оперативной работы, годы.....7,5 (от 1 до 14),  
стаж работы в данной должности, годы.....3 (от 0,5 до 7),  
средняя самооценка уровня подготовленности, баллы.....4 (от 3+ до 4+).

Самооценка выполнялась по пятибалльной шкале с промежуточными оценками (например, четыре с плюсом). В ходе анкетирования операторы должны были ответить на вопрос: "Назовите три основные проблемы, возникающие в оператор-

ской деятельности на Вашей должности”.

Данный вопрос являлся составной частью анкеты, предназначенной для исследования стрессовых ситуаций в деятельности операторов БЩУ АС. Поскольку при описании личного опыта поведения в таких ситуациях эксперты упоминали свои ошибки, опрос имел анонимный характер. Опыт показывает, что далеко не всегда операторы склонны открыто говорить о своих промахах, по признанию одного из респондентов, нежелание делиться своими ошибками обусловлено тем, что «все равно “следы” ошибок влияют на карьеру».

**ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ**

Формулировки проблем, данные экспертами, были подвергнуты семантическому анализу, в результате которого каждой проблеме были поставлены в соответствие образующие ее факторы из табл. 3. Некоторые проблемы не могли быть однозначно охарактеризованы одним фактором. В этом случае им ставились в соответствие несколько (от двух до трех) факторов. Причинами такой неоднозначности могут быть слишком широкая формулировка проблемы, недостатки разработанного классификатора или корреляция некоторых факторов. Перечень выявленных факторов приведен в табл. 4.

Таблица 4

**Факторы, лежащие в основе названных экспертами проблем**

Фактор	АЭС	Должность	Фактор	АЭС	Должность
ОУ-ОВ	КлнАЭС	НСБ	С-ОР-2	КлнАЭС	ВИУР
ОУ-СА-3	ИАЭС	ВИУР	С-ОР-2	КлнАЭС	ВИУР
ОУ-СА-3	КлнАЭС	НСБ	С-ОР-2	КлнАЭС	ВИУТ
ОУ-СР-3	ИАЭС	ВИУР	С-ОР-2	КлнАЭС	НСБ
ОУ-СР-3	КлнАЭС	ВИУР	С-ОР-2	КлнАЭС	НСРЦ
ОУ-СР-3	КлнАЭС	НСБ	С-ОР-3	КлнАЭС	НСРЦ
ОУ-СР-4	ИАЭС	ВИУР	С-ПВ-1	ИАЭС	ВИУР
С-МС-1	КлнАЭС	ВИУР	С-ПВ-1	ИАЭС	ОХВО
С-ОА-4	КлнАЭС	ВИУР	С-ПВ-3	ИАЭС	ВИУР
С-ОА-8	КлнАЭС	ВИУР	ЧМИ-И-2	КлнАЭС	НСРЦ
С-ОА-8	КлнАЭС	ВИУР	ЧМИ-И-3	КлнАЭС	ВИУР
С-ОД-5	ИАЭС	ВИУР	ЧМИ-И-3	КлнАЭС	НСБ
С-ОД-5	КлнАЭС	НСБ	ЧМИ-И-3	КлнАЭС	НСРЦ
С-ОД-5	КлнАЭС	НСБ	ЧМИ-ОА-1	КлнАЭС	ВИУР
С-ОО-3	КлнАЭС	НСРЦ	ЧМИ-ОИ-2	КлнАЭС	НСРЦ
С-ОО-3	ИАЭС	ОХВО	ЧМИ-У-1	КлнАЭС	ВИУТ
С-ОП-2	ИАЭС	ВИУР	ЧМИ-У-3	КлнАЭС	НСРЦ
С-ОП-2	ИАЭС	ОХВО			

Анализ приведенных данных позволяет сделать следующие выводы:

- 1) частоты упоминания факторов ОУ, ЧМИ и среды деятельности соотносятся как 1:1:3;
- 2) в качестве наиболее значимого свойства ОУ выступает сложность, наиболее значимый компонент ЧМИ – средства отображения информации (СОИ), наиболее значимая разновидность среды деятельности – организационная;
- 3) среди категорий факторов наибольшую значимость имеет организация работы, реальная сложность ОУ и организация СОИ;
- 4) среди отдельных факторов наибольшая частота упоминания наблюдается для следующих факторов:
  - групповая деятельность (5 раз) – отмечаются проблемы оперативной связи, непостоянный состав смены, взаимоотношения на БЩУ (аналогичные



данные опубликованы в работе [3], в которой говорится, что на вопрос "Если бы что-либо могло стать безупречным в Вашей работе на БЩУ, что бы Вам хотелось?" большинство операторов отвечали: содействие друг другу, совместное решение возникающих проблем, работа в команде, взаимодействие друг с другом);

- эмоциональная среда (3 раза) – отмечаются проблемы стресса, эмоционального возбуждения и высокой ответственности;
- сложность задач (3 раза) – отмечаются проблемы выявления первопричины неисправности в условиях наложения событий, значительный объем запоминаемых технических условий;
- организация информации (3 раза) – отмечается бессистемная компоновка средств отображения информации и органов управления, неудовлетворительная организация сигнализации.

Необходимо отметить, что лидирующие в табл. 1 неадекватные процедуры и недостаточная тренировка также отмечаются экспертами, однако частота их упоминания не столь высока.

## ВЫВОДЫ

В настоящей работе предложены состав модели совершения ошибки операторами АС, пятиуровневая классификация факторов, влияющих на деятельность ОП АС, результаты экспертного опроса 9 операторов АС о наиболее значимых проблемах (факторах) в их деятельности. В качестве наиболее значимых факторов названы групповая деятельность, эмоциональная среда, сложность задач и организация информации на БЩУ. Полученные результаты в целом согласуются с опубликованными в литературе данными, хотя являются предварительными и отражают лишь характер распределения относительной значимости факторов и их влияния на деятельность ОП АС. Для получения более надежных и достоверных результатов, характеризующих проблемы каждой операторской должности, данные исследования будут продолжены.

## БЛАГОДАРНОСТИ

Автор выражает искреннюю признательность А.А. Бугаеву и Л.В. Пучкову за оказанную помощь в анкетировании ОП Калининской АЭС.

## Литература

1. Бабинов В.М., Панасенко И.М. Роль человеческого фактора в обеспечении безопасности АЭС // Атомная техника за рубежом. – 1989. – №12. – С. 3–9.
2. Анохин А.Н. Постановка задачи об эргономическом обеспечении деятельности оператора атомной станции // Известия вузов. Ядерная энергетика. – 1996. – №6. – С. 27–32.
3. Harrington D.K., Sagan G.T. The role of culture and teamwork in plant performance: a new approach to human factors // Transactions of ANS. – 1989. – V. 59. – P. 116.

Поступила в редакцию 28.03.2000.

## ABSTRACTS OF THE PAPERS

### УДК 621.039.568.007.4

*Classification of the Factors Influencing the Activity of Operating Personnel of NPPs* \A.N. Anokhin; Editorial board of journal "Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika" (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2000. – 9 pages, 4 tables. – References, 3 titles.

The paper describes a framework which can be followed when roots of NPP operator errors are evaluated. This framework includes particular classification of factors which influence upon NPP operating personnel performance. This classification incorporates 5 hierarchical levels and 82 factors grouped into 25 categories. To find the most important factors the expert study was carried out. 9 NPP operators participated in this study as experts. They were asked about three main problems in their shiftwork. As a result the following main factors were found: teamwork performance, emotional intensity, complexity of control tasks, and allocation of information in control room.

### УДК 621.039.58

*On a Qestion of Calculation of Reliability of athe System with Restricted Number of Spare Elements* \A.V. Antonov, A.V. Plyaskin; Editorial board of journal "Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika" (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2000. – 12 pages, 7 illustrations, 2 tables. – References, 8 titles.

The paper is devoted to the problem of calculation of reliability of systems with spare elements. Literature review of this problem is given. The method of finding out the failure probability of the system with the strategy of operation described by the non-stationary Markovian process is developed. The analytical expression of the failure probability for the stationary Markovian process is obtained in case of one spare element. The simplified method of the reliability calculation for this system is offered. The results of calculation for the control and protection system components of the Bilibino NPP are given.

### УДК 681.3:002.513.5:621.039

*Electronic Bibliographic System on Erosion of Wear of Equipment of Nuclear and Thermal Power Installations* \K.V. Dergachev, A.V. Lagerev; Editorial board of journal "Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika" (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2000. – 6 pages, 3 illustrations, 2 tables

The basic principles of design, structure and functional scheme of bibliographic system on erosion of wear of equipment of nuclear and thermal power installations are considered in this paper.

### УДК 681.3:621.039.007

*Information Support Complex of the VVR-c Operator. Experience of Creation of the First Version* \I.N. Koziev, O.Yu. Kochnov, E.S. Stariznyi, Yu. V. Volkov; Editorial board of journal "Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika" (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2000. – 10 pages, 6 illustrations, 1 table. – References, 8 titles.

The problem of raising of the reliability of VVR-c reactor functioning is considered. The possibility of improvement of exploitation of this reactor is shown by means of creation the "Complex of information support of the operator". The main principles of the system design are described. The results of the first stage of the solution of a problem represented.

### УДК 51-72:621.039.002

*Development of Optimization Model of a Nuclear Centre* \P.E. Pereslavytzev, D. Sakhray; Editorial board of journal "Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika" (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2000. – 7 pages, 6 tables. – References, 7 titles.

Mathematical model of a nuclear center (NC) is considered. The economical parameter is chosen to be a criterion for calculation of optimal NC structure. Information on nuclear reactors fueled with traditional fuel as well as reactor plutonium is used. Results obtained approve the proposed model applicability for calculation of the structure of energy production NCs.