

# ИССЛЕДОВАНИЕ СТРЕССОВЫХ СИТУАЦИЙ В ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОПЕРАТИВНОГО ПЕРСОНАЛА АТОМНЫХ СТАНЦИЙ

**А.Н. Анохин\*, С.М. Киндинова\*, А.А. Бугаев\*\*, Л.В. Пучков\*\***

*\* Обнинский институт атомной энергетики, г. Обнинск*

*\*\* Калининская атомная электростанция, г. Удомля*



В настоящей работе представлены результаты исследования деятельности операторов АС в экстремальных ситуациях, чреватых возникновением стрессовых реакций. Деятельность оператора моделируется в виде описания «вход-выход-состояние». Модель состоит из 37-ми компонентов, включая 21 фактор среды, 9 индивидуальных характеристик оператора, 4 показателя уровня стресса и 3 показателя эффективности деятельности. Для измерения компонентов модели были применены метод экспертных оценок и специально разработанная анкета. В качестве экспертов выступали 30 операторов Калининской и Игналинской АЭС. Эксперты выполняли вербальное описание и качественное оценивание одной из экстремальных ситуаций, имевших место в их практике. В результате корреляционного анализа данных был выявлен ряд зависимостей между компонентами модели. Так, эмоциональные воздействия и нехватка времени в наибольшей степени способны спровоцировать стресс и ошибки оператора.

## ВВЕДЕНИЕ

Общепризнанно (в том числе и со слов самих операторов), что стресс является неотъемлемым компонентом повседневной жизни и профессиональной деятельности оперативного персонала (ОП) атомных станций (АС). Известны многочисленные случаи, когда стресс становился источником отказов и ошибок, совершаемых операторами АС. Однако известны и случаи, когда стресс играл конструктивную роль в поведении операторов, «вытаскивавших» энергоблок (ЭБ) из безнадёжных ситуаций. Как же все-таки относиться к стрессу ОП АС, как его предвидеть и предупредить, что делать, если стрессовые ситуации все же возникают?

По мнению авторов настоящей статьи для того, чтобы реально продвинуться в этом направлении, необходимо прежде всего осмыслить существующий опыт поведения операторов АС в стрессовых ситуациях и научиться прогнозировать возникновение таких ситуаций. Решению данной задачи посвящено описываемое исследование.

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Предпосылки серьезных исследований профессионального стресса возникли лишь в 50–60-х гг. в работах канадского ученого Г. Селье. Его, ставшая классичес-

© А.Н. Анохин, С.М. Киндинова, А.А. Бугаев, Л.В. Пучков, 2000

кой, модель реакции человека-оператора на стресс (кривая Селье [1]) отражает зависимость эффективности ( $E$ ) операторской деятельности от длительности стресса ( $t$ ) (рис. 1,а). Хорошо известная в психологии кривая Йеркса-Додсона также описывает зависимость эффективности деятельности от силы стрессогенного воздействия ( $F$ ) (рис. 1,б). В начале этой кривой отмечается низкий уровень воздействия на оператора, что приводит к монотонии – противоположному стрессу, но не менее опасному явлению. Детальный анализ отличия стрессового поведения оператора от поведения в обычных условиях сделан Л.А. Китаевым-Смыком [2]. Следуя классическому определению стресса как неспецифической реакции организма, возникающей в ответ на раздражающее воздействие среды, автор выделяет четыре синдрома стресса, т.е. четыре вида этих неспецифических реакций:

- когнитивный синдром, отражающий характер изменения мышления при стрессе (активизацию, интегративность и наоборот);
- социальный синдром или синдром изменения общения с коллегами или руководством;
- эмоциональный синдром, связанный с возникающими у оператора эмоциями (такими как страх, гнев и др.);
- вегетативный синдром, состоящий в физических и физиологических реакциях и ощущениях, испытываемых оператором (слабость, тошнота, учащение пульса, др.).

В ядерной энергетике публикации, посвященные изучению стресса, практически отсутствуют (к числу немногочисленных публикаций относится статья [3]).

Настоящей работе предшествовали две публикации [4, 5], в которых подробно излагались принципы моделирования стрессовых ситуаций и методика их изучения. Предметом обсуждения данной статьи является применение этой методики на практике и анализ результатов анкетирования 30 операторов АС.

## МОДЕЛЬ СТРЕССОВОГО ПОВЕДЕНИЯ ОПЕРАТОРА АС

Основой описания деятельности ОП АС в стрессовых ситуациях служит известная в теории систем модель «вход-выход-состояние» [6]. Моделируемый объект представляется в данной модели как динамическая система, изменяющая свое состояние  $X$  под воздействием внешних факторов  $F$ , подаваемых на вход. Состояние системы  $X$ , в свою очередь, влияет на выходные показатели  $Y$ , характеризующие эффективность, качество и другие результирующие свойства системы:

$$\begin{cases} \dot{X} = \Phi(X, F) - \text{уравнение состояния} \\ Y = \Psi(X, F) - \text{уравнение выхода.} \end{cases}$$

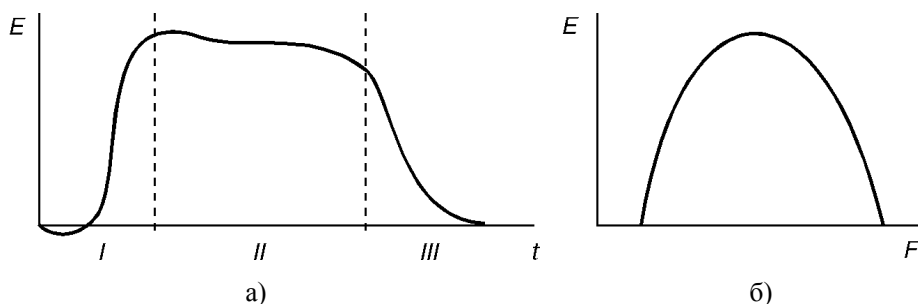


Рис. 1. Модели стресса: а – кривая Селье, I – стадия привыкания, II – стадия адаптации (резистентности), III – стадия истощения ресурсов; б – кривая Йеркса-Додсона

В нашем случае в качестве объекта моделирования выступает оператор АС. Предмет моделирования – деятельность оператора по управлению ЭБ АС и его оборудованием, осуществляемая в условиях стрессогенной технологической ситуации (необходимо отметить, что стресс, вызванный социальными, личными и другими причинами, не рассматривался в рамках настоящего исследования). В качестве стрессогенных внешних факторов, учитываемых в данной модели, выступает 21 фактор рабочей среды, характеризующий условия деятельности и напряженность стрессогенного воздействия на оператора. Состояние оператора описывается с помощью 9-ти его индивидуальных характеристик и 4-х переменных, отражающих характер и силу выраженности стресса. Внешние факторы и индивидуальные характеристики образуют 6 групп: подготовленность, функциональное состояние, личные качества, психофизиологическая, интеллектуальная и эмоциональная напряженность. В качестве выходных показателей рассматриваются 3 показателя качества и эффективности деятельности (рис.2).

Предполагая линейный характер зависимости  $F$ , уравнение состояния модели стрессового поведения будет иметь следующий вид

$$x_{\text{стресс}} = \phi(x_i, f_j) = \sum_{i=1}^9 w_i x_i + \sum_{j=1}^{21} w_j f_j, \quad (1a)$$

где  $x_{\text{стресс}}$  – субсиндромы стресса;  $w_i$ ,  $w_j$  – весовые коэффициенты, а уравнение выхода  $y = \psi(x_{\text{стресс}})$ .

Идентификация полученной модели (идентификация предполагает определение значений весовых коэффициентов  $w$  и вида функции  $\psi$ ) может быть осуще-



Рис. 2. Модель стрессового поведения оператора:

● – характеристики, переменные и показатели; ■ – факторы

ствлена как результат регрессионного анализа контрольной выборки данных о поведении ОП АС в различных стрессовых ситуациях.

## МЕТОДИКА ОПИСАНИЯ СТРЕССОВЫХ СИТУАЦИЙ

Описание стрессовой ситуации включает в себя измерение всех четырех компонентов модели (1), а именно, факторов рабочей среды, индивидуальных характеристик, уровня стресса и выходных показателей. В эргономике и инженерной психологии известны различные способы измерения указанных компонентов – от инструментальных до эвристических. Для измерения профессионального стресса используются четыре основные методики, в основе которых лежат физиологические, биохимические, психологические и поведенческие измерения. Так как настоящее исследование носит ретроспективный характер (рассматриваются ситуации, происходившие ранее в практике ОП АС), единственным источником данных являются сами операторы, а методом сбора и регистрации этих данных – метод экспертных оценок.

Для описания стрессовых ситуаций была разработана анкета, в которой эксперт оценивал одну из нештатных технологических ситуаций, случившихся в его практике. Необязательно, чтобы это была авария или инцидент, достаточно того, чтобы респондент ощутил в ней определенные трудности, запомнившиеся ему более всего. Анкета состоит из четырех разделов:

1) информация об эксперте на момент описываемых событий (возраст, образование, должность, стаж работы в этой должности, стаж оперативной работы, самооценка уровня подготовленности);

2) открытый вопрос об основных проблемах, возникающих в операторской деятельности на данной должности;

3) открытое вербальное описание ситуации;

4) 39 вопросов, направленных на оценку 37 факторов рабочей среды, индивидуальных характеристик, уровня стресса и выходных показателей (все вопросы закрытые, из них 19 альтернативных с однозначным и 13 – с многозначным выбором ответа; 6 вопросов с количественной оценкой; 1 вопрос с ассоциативным ответом).

В качестве примера вопроса с однозначным выбором ниже приводится шкала оценки фактора «Обученность оператора». Формулировка вопроса: *Были ли Вы подготовлены действовать в данной ситуации?* Варианты ответа:

- да, она была хорошо и неоднократно оттренирована и «проиграна» в сознании;
- знал как нужно действовать, однако навыки отсутствовали;
- лишь в целом представлял, что нужно делать в подобной ситуации, остальное пришлось «придумывать» на ходу;
- абсолютно не был готов, эта ситуация никогда не отрабатывалась, пришлось полагаться только на общие знания и опыт.

## СОСТАВ ЭКСПЕРТОВ

В качестве экспертов выступали операторы Калининской и Игналинской АЭС. Общее число экспертов –  $m = 30$ . Во время описываемых событий эксперты занимали следующие оперативные должности: НСАЭС – 2, НСБ – 5, НСРЦ – 3, НСТЦ – 3, НСЭЦ – 2, НСХЦ – 1, НСЦТАИ – 1, ВИУР – 4, ВИУТ – 6, инженер АСУ ЦТАИ – 1, ОХВО – 1, старший мастер ЭЦ – 1 эксперт. Состав экспертов характеризуется следующими возрастными и квалификационными показателями (в годах):

	$x_{\text{ср.}}$	$x_{\text{min}}$	$x_{\text{max}}$	$R$	$\sigma^2$	$V, \%$	$\alpha$
возраст в момент анкетирования	40,5	32	51	19	21,5	11,5	0,37
возраст в момент событий	35,3	24	49	25	39,5	17,8	0,16
стаж работы в данной должности	4,7	0,5	17	16,5	17,3	88,5	1,4
общий стаж оперативной работы	10,9	1	25	24	44,2	61,0	0,46
давность описываемых событий	5,3	0	23	23	25,7	95,7	1,48

где  $x_{\text{ср.}}$  – среднее арифметическое;  $R$  – вариационный размах;  $\sigma^2$  – дисперсия;  $V$  – коэффициент вариации;  $\alpha$  – коэффициент асимметрии (при  $\alpha > 0$  смещение влево).

В задачу экспертов входило лишь фактографическое описание ситуации, а не формализация знаний. В связи с этим оценка компетентности экспертов не выполнялась, а приведенные данные интерпретировались как косвенные показатели толерантности респондентов к стрессу.

Перед заполнением анкеты эксперты выполняли самооценку уровня подготовленности к работе в своей должности во время описываемых событий. Самооценка выполнялась по пятибалльной шкале с промежуточными оценками (например, четыре с плюсом). Средняя оценка – 4 балла (необходимо отметить тенденцию к небольшому занижению своей квалификации). Эксперт вправе был сам решать – подписывать анкету или сохранить анонимность.

## ОБРАБОТКА И АНАЛИЗ ЭКСПЕРТНЫХ ОЦЕНОК

Целью обработки и анализа данных, полученных в результате экспертного опроса, является подтверждение или опровержение следующих гипотез.

1. Качество (адекватность, полнота и избыточность) разработанных шкал оценивания удовлетворяет поставленным задачам исследования. Косвенными признаками качества воспроса и шкалы оценивания являются распределение частоты ответов на данный вопрос (востребованность ответов); добавление экспертами новых, не предусмотренных заранее ответов; относительное число экспертов, не ответивших на данный вопрос; относительное число экспертов, использовавших возможность многозначного выбора в соответствующих вопросах.

2. Существует зависимость между внешними факторами и индивидуальными характеристиками, входящими в одну и ту же группу (см. рис. 2). Данная зависимость может проявляться всегда или только в частных случаях, например, только в сложных ситуациях; в ситуациях, в которых оператор перенес стресс; в ситуациях, в которых была совершена ошибка. Проявление таких зависимостей характерно для логически объяснимых взаимосвязей между компонентами модели, а также для избыточных (неортогональных) факторов или характеристик.

3. Существует зависимость между внешними факторами и индивидуальными характеристиками, не входящими в одну группу. Это позволяет выявить логику возникновения условий для стресса. Однако проявление таких зависимостей может быть и совершенно случайным, не поддающимся никакому объяснению.

4. Существуют факторы и индивидуальные характеристики, непосредственно влияющие на субъективную сложность ситуации для оператора; нехватку времени; силу и характер стрессовых реакций, возникающих у оператора; число и характер совершенных оператором ошибок. Эти зависимости образуют основу модели (1).

5. Технологические ситуации, имеющие место на АС и воспринимаемые операторами как экстремальные, характеризуются некоторыми общими стереотипными признаками. О наличии таких признаков свидетельствует распределение значений факторов и индивидуальных характеристик.

Обработка и анализ экспертных оценок предполагает построение и анализ ча-

стотных диаграмм ответов (исследование гипотез 1,5); оцифровку и нормирование качественных шкал; вычисление выборочных парных коэффициентов корреляции (исследование гипотез 1–3); регрессионный анализ (идентификация модели (1)).

## ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

**Качество шкал.** Форма распределения значений подавляющей части факторов и характеристик имеет явно выраженный пик или провал. Практически все варианты ответов были востребованы экспертами. В процессе заполнения анкет эксперты сформулировали 6 дополнительных ответов на вопросы и 25 уточняющих комментариев к своим оценкам. Анкета усовершенствована с учетом высказываемых замечаний. 5 экспертов (17%) ни разу не воспользовались возможностью многозначных ответов на вопрос. Реже других многозначные ответы давались на вопросы о вегетативном субсиндроме стресса и о числе и характере операторских ошибок. Были обнаружены 14 вопросов (36% от общего числа вопросов), на которые не ответил лишь 1 эксперт из 30; 7 вопросов (18%), на которые не ответили 2 эксперта; и 1 вопрос (о вегетативном субсиндроме стресса), на который на стали отвечать 8 экспертов. На основании приведенных данных можно сделать вывод о приемлемом качестве шкал и заполнения анкет.

**Корреляция в группах.** Были выявлены следующие зависимости в группах (в скобках указаны значения коэффициент корреляции –  $r$ ):

- в группе «Подготовленность»: привычность ситуации – ожидаемость ситуации (0,44); обученность оператора – ожидаемость ситуации (0,39); качество инструкций – обученность оператора (0,51);
- в группе «Функциональное состояние»: фаза дежурства, предшествующий режим, утомленность – самочувствие (0,37); зависимость состояния оператора от времени сменного дежурства не обнаружена;
- в группе «Интеллектуальная напряженность»: объем информации – представление информации (0,35); достоверность информации – косвенная информация (0,36); в сложных ситуациях и в ситуациях с операторскими ошибками проявляется зависимость между доступностью информации и косвенной информацией ( $r_{\text{ср.}}=0,38$ );
- в группе «Эмоциональная напряженность»: эмоциональные воздействия – потенциальные моральные последствия (0,49); нехватка времени – помощь (0,45);

**Корреляция между группами.** Между факторами и характеристиками разных групп были выявлены следующие зависимости, поддающиеся логическому объяснению: ожидаемость ситуации – осознание последствий (0,49); осознание последствий – адекватность оценки (0,45); качество инструкций – помощь (0,44); запас времени – самоуверенность (0,44).

**Причины сложности, нехватки времени, стресса и ошибок.** Наиболее значимыми признаками субъективной сложности ситуации являются объем информации (0,55), доступность информации (0,47), экономический размер и опасность потенциальных последствий ( $r_{\text{ср.}}=0,37$ ). Проявление усложняющих факторов, таких как необычная последовательность событий, наложение событий и неразличимость событий, зачастую сопровождается необходимостью учета косвенной информации (0,72) и эмоциональными воздействиями (0,45). Сколь-нибудь значимого влияния сложности ситуации на возникновение стрессовых реакций и совершение операторами ошибок не отмечено!

Причинами нехватки времени, испытываемой операторами в процессе принятия решений, могут стать непривычность ситуации (0,41); недостаточная подго-

товленность оператора к действиям в данной ситуации (0,43); низкое качество инструкций (0,37); утомленность, вызванная активной работой в предшествующем режиме (0,40); необходимость учета косвенной информации (0,34); невозможность помощи со стороны коллег или автоматики (0,45).

Анализ влияния факторов и индивидуальных характеристик на возникновение *стрессовых реакций* оператора выявил следующее. Проявление вегетативного синдрома обусловлено неожиданностью ситуации (0,35), предшествующим режимом и утомленностью ( $r_{\text{ср.}} = -0,55$ ) (умеренная активность до ситуации стимулирует возникновение вегетативных реакций), эмоциональными воздействиями (0,45), нехваткой времени (0,38). Проявление эмоционального синдрома связано с самочувствием оператора (0,37), потенциальной опасностью ситуации (0,37) и нехваткой времени (0,47). Эмоциональный синдром как правило сопровождается вегетативным синдромом (наиболее частое сочетание - тревога и решимость - учащение пульса).

Одним из факторов, сопровождавших совершение операторами *ошибок*, стали эмоциональные воздействия (0,38). Во всех ситуациях, в которых совершались ошибки, оператор сразу осознавал возможные последствия ситуации, что могло лишь усилить эмоциональное воздействие на него. Почти все операторы, совершившие ошибку в экстремальной ситуации, считают целесообразным контроль за операторскими действиями (0,39) и утверждают, что в спокойной обстановке они работают лучше (0,42). В ситуациях, в которых совершались ошибки, операторы отмечали проявление у них следующих синдромов стресса: вегетативный синдром (0,54), синдром изменения общения (0,39).

**Характеристика экстремальных ситуаций.** В ходе заполнения анкет экспертами описаны 30 нештатных технологических ситуаций. Большинство из них были вызваны отключением и неисправностью технологического оборудования (ГЦН, ТПН, ОРУ, генератора) – 8 ситуаций (27%); неисправностью автоматики (СУЗ, регуляторов, защит, системы пожаротушения) – 7 ситуаций (23%); неисправностью контрольно-измерительного оборудования (сигнализации, датчиков, кабелей) – 6 ситуаций (20%). Другими источниками ситуаций стали человеческий фактор (ошибки операторов, технологов, ошибочные распоряжения руководства) (4 ситуации); непредвиденная случайность (1 ситуация); не указанные причины (4 ситуации) (рис. 3,а). Следствия этих нарушений: материальный и энергетический дисбаланс в контурах и активной зоне реактора – в 11-ти случаях; нарушение или полная потеря управления блоком – в 9-ти случаях; обесточение блока и/или БЩУ

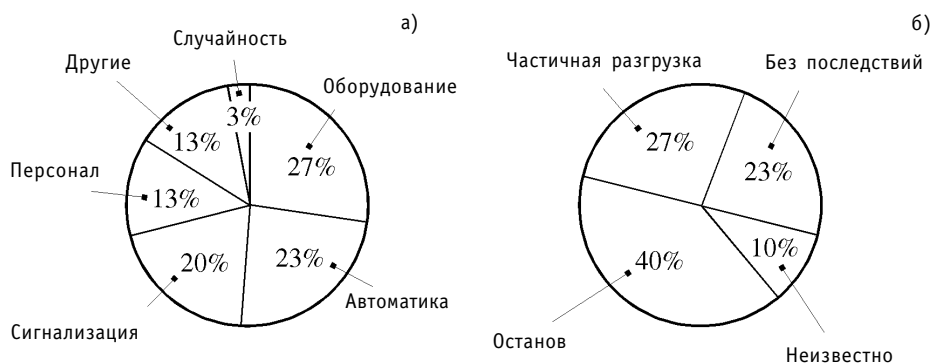


Рис. 3. Соотношение причин (а) и последствий (б) исследованных стрессогенных технологических ситуаций

– в 4-х случаях; нарушение технологических условий эксплуатации оборудования – в 3-х случаях. 7 ситуаций (23%) не повлекли за собой никаких последствий, 8 (27%) – привели к частичной разгрузке блока, 12 (40%) – к останову блока (рис.3,б).

Для «типичной» экстремальной ситуации характерны следующие признаки:

- она редко встречается на практике; операторы, хоть и допускают ее возникновение, однако считают, что вряд ли это может произойти в действительности;
- персонал знает как нужно действовать, однако не имеет навыков; в инструкциях ситуация либо вообще не описана, либо описана недостаточно корректно;
- она случается во второй половине сменного дежурства, длится 3–30 мин (на принятие решения у оператора остается от 15 с до 3 мин) и возникают в период 10–13 и 18–24 ч; ситуации обычно предшествует нормальная работа блока на постоянной мощности;
- объем информации, необходимой для ее идентификации, составляет 3–5 сигналов, среди которых имеются недостоверные; информация плохо и невыразительно выделена на щите, часть информации можно получить только на месте; для распознавания ситуации необходимо учитывать косвенную информацию;
- ее реальная сложность (если бы не экстремальность) ниже средней, однако зачастую она сопровождается наложением нескольких событий, звуковыми и световыми явлениями;
- она чревата средними экономическими потерями; операторы, как правило, сразу и адекватно оценивают их масштаб.

## НАПРАВЛЕНИЯ ДАЛЬНЕЙШИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

По мнению авторов, представленная работа лишь обозначает пути исследования и решения поставленной проблемы. Выявленные в результате корреляционного анализа зависимости нуждаются в более глубоком экспериментальном исследовании и обосновании. Метод экспертных оценок эффективен для выявления проблем, однако малонадежен как средство измерения. Его применение дает хорошие результаты лишь в сочетании с другими способами измерения – инструментальными, психологическими и поведенческими. Увеличение числа экспертов, внедрение соответствующих методик на АС и использование накопленных в ЛПФО АС данных позволило бы достаточно надежно идентифицировать модель (1) с ее последующим применением для прогнозирования стрессовых ситуаций. Очевидно, что комплексное исследование стресса невозможно без учета организационных и социальных факторов, а также мер, предпринимаемых станцией для защиты и повышения стрессоустойчивости своего персонала.

## Литература

1. Селье Г. Стресс без дистресса. – М.: Прогресс, 1979.
2. Китаев-Смык Л.А. Психология стресса. – М.: Наука, 1983.
3. Kan C.-C.F., Roberts P.D., Smith I.C. A framework for modelling the behaviour of a process control operator under stress / VTT Symp. Artificial Intelligence in NPP // IAEA/TWG Spec. Meet. (Helsinki, Finland, Oct. 10–12, 1989). – P. 41–58.
4. Анохин А.Н., Галанина В.В., Колосова О.А. Моделирование деятельности оператора атомной станции в условиях стресса: Тр. каф. АСУ Обнинского ин-та атомной энергетики. – 1996. – №11. – С. 69–79.
5. Анохин А.Н., Киндинова С.М. Методика анализа стрессовых ситуаций в деятельности оператора БЦУАС: Тр. каф. АСУ Обнинского ин-та атомной энергетики. – 1998. – №12. – С. 68–75.
6. Анохин А.Н. Постановка задачи об эргономическом обеспечении деятельности оператора атомной станции // Известия вузов. Ядерная энергетика. – 1996. – №6. – С. 27–32.

Поступила в редакцию 19.04.2000



## ABSTRACTS OF THE PAPERS

### УДК 621.039.526:662.7

*Processing of Coal in Engine Fuel with Usage of Nuclear Technology - Future of Coal-Chemistry \A.V. Zrodnikov, V.M. Poplavskiy, G.I. Sidorov, A.V. Malenkov, A.A. Kritchko, A.S. Maloletnev, V.V. Zamanov, T.D. Demidova; Editorial board of journal "Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika" (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2000. – 11 pages, 3 illustrations, 3 tables. – References, 19 titles.*

An efficient universal technology for both coal and high-boiling petroleum residues (boiling point > 360-520°C) reprocessing by hydrogenation under hydrogen pressure of 6-10 MPa has been developed in Russia, which allows an economically efficient production of gasoline, diesel and jet engines fuel, raw material for catalytic cracking, phenols, aromatic hydrocarbons  $C_6 - C_8$  and other chemical products. High efficiency of the production is stipulated by combination of using of low hydrogen pressure in the processes and high-reliable, environmentally safe of BN-type fast reactors (BOR-60, BN-600) for power supply and intensification of these processes. On the basis of calculation is shown that usage of combined nuclear-chemical technology is essentially reduced the expenditure of coal and releases of noxious wastes into environment.

### УДК 621.039.566

*Fast Method of Prediction of Crack Growth in Pipelines \V.A. Andreev, O.M. Gulina; Editorial board of journal "Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika" (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2000. – 5 pages, 5 illustrations. – References, 6 titles.*

The fast method of leak probability calculation using the information on initial defects allocation, characteristics of control method and parameters of the equation Paris is offered. This method is faster and more accurate than direct simulation method. For decision-making about prolongation of pipeline exploitation the method of the analysis of failure rate curve obtained on calculation data is offered.

### УДК 621.039.566.007.4

*Analysis of NPP Operating Personnel Activity under Stress Conditions \A.N. Anokhin, S.M. Kindinova, A.A. Bugaev, L.V. Puchkov; Editorial board of journal "Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika" (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2000. – 8 pages, 3 illustrations. – References, 6 titles.*

The purpose of this paper is to study of the NPP operator performance under extreme conditions that are fraught with stress. The operator activity is modeled in «input-state-output» formalism. The model consists of 37 components, including 21 environmental factors, 9 operator individual indexes, 4 stress indexes, and 3 indexes of operator's efficiency. Evaluation of factors and indexes was carried out by expert estimation technique with special questionnaire. 30 operators from Kalinin and Ignalina NPPs were interviewed as experts. Each expert carried out verbal description and qualitative estimation of the most critical situation, which has been taking place in his own practice. As a result of correlation analysis of acquired data some relationships between model components were detected. Emotional pressure and deficit of time are the most significant factors that provoke stress and operator's errors.

### УДК 51-74:621.039.58

*Problem of Estimation of Equipment Reliability under Discrete Degradation \A.I. Pereguda, I.A. Soborova, A.I. Groshev; Editorial board of journal "Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika" (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2000. – 8 pages, 4 illustrations. – References, 5 titles.*

The mathematical model of reliability of equipment subjected to percussion load of the same nature is described. Analysis of this model allows to receive quantitative values of indices of reliability and longevity. The practical example is given.

### УДК 621.039.526

*Role of Reactivity Coefficients at Realization Principle of the Maximal Self-Protection of Fast Reactors \*