

## Исследование физических характеристик блочно-транспортабельной АЭС «Север»

Е. И. ИВЮТИН, В. П. МАТВЕЕНКО, И. Г. МОРОЗОВ, Ю. И. ОРЕХОВ,  
Е. А. ПЛАКСИН, Ю. А. СЕРГЕЕВ, Г. И. СИДОРОВ

УДК 621.039.519.4

Представлены результаты расчетно-экспериментального изучения физических характеристик водо-водяного реактора с выгорающими поглотителями. Исследованы две сборки с одинаковыми размерами активной зоны диаметром 640 мм и высотой 575 мм. Сборки набирались из одних и тех же твэлов, размещенных в квадратных кассетах размером 78 × 78 мм по 49 (7 × 7) или 64 (8 × 8) штук в кассете. Шаг твэлов в кассете составлял 11 или 9,5 мм; нагрузка по  $U^{235}$  была 23,6 кг ( $\rho_H/\rho_0^* = 165$ ) или 31,6 кг ( $\rho_H/\rho_0 = 105$ ). Вместо любого твэла мог устанавливаться стержень с выгорающим поглотителем (гадолиний или кадмий). Кроме того, кожухи кассет из нержавеющей стали могли быть заменены на кожухи из бористой стали.

Анализ экспериментальных результатов проводили в двухгрупповом диффузионном приближении с учетом эффектов термализации нейтронов. Экспериментальным и расчетным путем определены:

- 1) запасы реактивности сборок;
- 2) эффективность стержней с выгорающими поглотителями при различном числе стержней и способе их расположения в активной зоне;
- 3) поля тепловыделения по кассете с изучением влияния числа и размещения стержней с выгорающими добавками и профилирования загрузки горючего на коэффициент неравномерности тепловыделения по кассете;

4) температурный эффект реактивности с различным числом и разным типом выгорающего поглотителя в активной зоне.

Из полученных данных сделаны следующие выводы. Применение стержней с выгорающими добавками является весьма эффективным способом компенсации избыточной реактивности в обеих сборках, а использование выгорающих поглотителей в комбинации с заблокированными борными добавками позволяет в известной мере управлять величиной и формой кривой температурного эффекта. Изучение температурного эффекта в сборке с шагом размещения твэлов 11 мм показало, что данный реактор будет иметь отрицательные и достаточно большие температурные коэффициенты реактивности во всем диапазоне температур (20—230°С).

Таким образом, реактор будет всегда сохранять саморегулируемость и иметь достаточно большие возможности для самокомпенсации.

Расчетные величины физических характеристик исследованныхборок находятся в удовлетворительном согласии с экспериментальными данными. Однако в некоторых случаях (в температурном эффекте) расхождения достигают 25%.

(№ 283/5142. Поступила в Редакцию 13/XI 1968 г. Полный текст 0,5 а. л., 2 рис., 6 табл., 3 библиографических ссылки.)

## Динамика двухконтурной установки с саморегулирующимся реактором и естественной циркуляцией теплоносителя

Ю. И. ОРЕХОВ, И. И. СИДОРОВА, Б. А. КУЗЬМЕНКО, И. Н. ТРОФИМОВА,  
Н. В. ФИЛАНОВА, И. Е. ЩЕРБАКОВ

УДК 621.039.514.25

Приводятся постановка задачи и результаты исследования динамических характеристик двухконтурной теплопроизводительной установки, имеющей следующие особенности: реактор типа ВВЭР работает в режиме саморегулирования; циркуляция теплоносителя в первом и втором контурах естественная; на турбину подается насыщенный пар скользящих параметров; парогенератор встроен в корпус реактора. Установка

такого типа предназначена для АЭС мощностью 1,5 Мвт с теплофикационным отбором 3,5 Гкал/ч.

**Устойчивость.** Методом сосредоточенных параметров с учетом ксенонной и температурной обратных связей, наиболее существенных для данного реактора, получены условия устойчивости основной гармоник. Показано, что условия устойчивости неодинаковы для реактора, работающего в составе установки, и изолированного реактора (с не зависящей от мощности температурой теплоносителя на входе). Сильное влияние

\* Отношение числа ядер водорода к числу ядер  $U^{235}$ .



на устойчивость оказывает зависимость к. п. д. турбогенератора от параметров пара.

**Режим разогрева** установки изучался на аналоговой вычислительной машине. Показано, что естественная циркуляция не является ограничивающим фактором при проведении разогрева; время разогрева, как обычно, должно выбираться с точки зрения термических напряжений. Закон изменения реактивности, обеспечивающий линейный рост температуры установки, вполне может быть реализован при ручном управлении компенсирующими органами.

**Переходные режимы, связанные с возмущениями по расходу пара**, также изучались методами электро-

моделирования. Результаты расчетов показывают, что динамические характеристики установки являются удовлетворительными даже при ступенчатом сбросе или набросе полной внешней электрической нагрузки. Выявлено влияние различных факторов на качество переходных процессов: температурного коэффициента реактивности, времени обращения воды по первому контуру, подогрева воды в реакторе. Изменение основных величин в режимах разогрева и изменения расхода пара иллюстрируются рисунками.

(№ 284/5139. Поступила в Редакцию 13/XI 1968 г. Полный текст 0,65 а. л., 12 рис., 4 табл., 10 библиографических ссылок.)

## Исследование динамики двухконтурной ядерной энергетической установки с помощью модели

В. М. СЕЛИВАНОВ, И. И. СИДОРОВА, А. А. ГОРЕВ, А. Д. МАРТЫНОВ,  
А. П. СОЛОПОВ, И. Е. ЩЕРБАКОВ

УДК 621.039.514.25

В работах [1, 2] приводятся основные статические и динамические характеристики двухконтурной паропроизводительной установки (ППУ) с естественной циркуляцией и саморегулирующимся реактором малой мощности АБВ-1,5. Теоретическое исследование динамики установки основано на решении системы нелинейных дифференциальных уравнений в частных производных с некоторыми допущениями. Поэтому критерием точности расчетной модели должен служить эксперимент. Эксперименты для этой цели были проведены на комбинированной модели паропроизводительной установки АБВ-1,5. Комбинированная модель [3] представляет собой комплекс, включающий быстродействующую систему управления мощностью и физическую модель.

В статье приводятся некоторые экспериментальные данные о режимах пуска ППУ и переходе с одного уровня мощности на другой. В момент пуска циркуляция теплоносителя отсутствовала, реактивность вводилась линейно со скоростью  $5 \cdot 10^{-5}$  1/сек. Такой ввод для условий разогрева можно считать скачкообразным.

Разогрев исследовали при скачках реактивности  $\Delta K$ , равных  $1 \cdot 10^{-3}$ ;  $0,8 \cdot 10^{-3}$ ;  $0,5 \cdot 10^{-3}$ . При исследовании режима перехода ППУ с одного уровня мощности на другой возмущения со стороны турбины имитировались скачкообразными изменениями расхода пара,

который после скачка оставался постоянным. Наносились возмущения по расходу пара:  $\pm 30$ ,  $\pm 50$ ,  $\pm 80\%$  от номинального — для температурных коэффициентов реактивности —  $0,25 \cdot 10^{-3}$ ,  $-0,5 \cdot 10^{-3}$ ,  $-1 \cdot 10^{-3}$  1/°С.

Из полученных результатов следует, что при работе реактора в режиме саморегулирования и определенном сочетании объема сепаратора и времени обращения воды по первому контуру обеспечивается практически любой закон изменения нагрузки турбогенератора. При этом не наблюдается каких-либо недопустимых выбросов мощности и величина изменения давления пара во втором контуре не накладывает ограничения на работу турбины.

(№ 285/5140. Поступила в Редакцию 13/XI 1968 г. Полный текст 0,4 а. л., 8 рис., 1 табл., 4 библиографических ссылки.)

### ЛИТЕРАТУРА

1. В. А. Жильцов и др. «Атомная энергия», 26, 403 (1969).
2. Ю. И. Орехов и др. Там же, 26, 445 (1969).
3. В. М. Селиванов и др. Там же, 27 (1969)

## Исследование кризиса теплоотдачи в пучке имитаторов ТВЭЛОВ при естественной циркуляции

Б. А. ЗЕНКЕВИЧ, О. Л. ПЕСКОВ, А. САПАНКЕВИЧ

УДК 621.039.542:536.24

В статье приведены результаты экспериментов по определению условий возникновения кризиса теплоотдачи при естественной циркуляции воды в пучке имитаторов витых ленточных ТВЭЛОВ реактора установки АБВ-1,5. Анализ работ, посвященных как теоретическому, так и экспериментальному изучению кризиса теплоотдачи при течении кипящих теплоносителей, показывает, что в настоящее время для оценки надежности работы реакторов следует пользоваться только результатами полномасштабных экспериментов.

При обработке на ЭВМ серии результатов описываемых экспериментов была получена формула для расчета критической мощности одного ТВЭЛА:

$$N_{кр} = 6,23 (1 + 5l) K_1^{0,297} (W_g \cdot 10^{-2})^{0,367},$$

где  $N_{кр}$  выражено в  $кВт$ ;  $l$  — в м;  $W_g = \frac{G}{3600 f}$   $кг/м^2 \cdot сек$ ;

$K_1 = \frac{i' - i_1}{r}$  ( $i'$  — энтальпия воды на линии насыщения;  $i_1$  — энтальпия воды, определенная по тем-