

## О ВЛИЯНИИ ПЕРЕХОДНЫХ РЕЖИМОВ В ПРОЦЕССЕ ПУСКА ЭНЕРГОбЛОКА 235 МВт НА ПРОЧНОСТЬ КОРПУСОВ И ПАРОПРОВОДОВ

Радульски В.<sup>1)</sup>, Белецки М.<sup>2)</sup>, Карч М.<sup>2)</sup>, Бадур Я.<sup>2,3)</sup>

1) *ABB Alstom Power, Эльблэнг,*

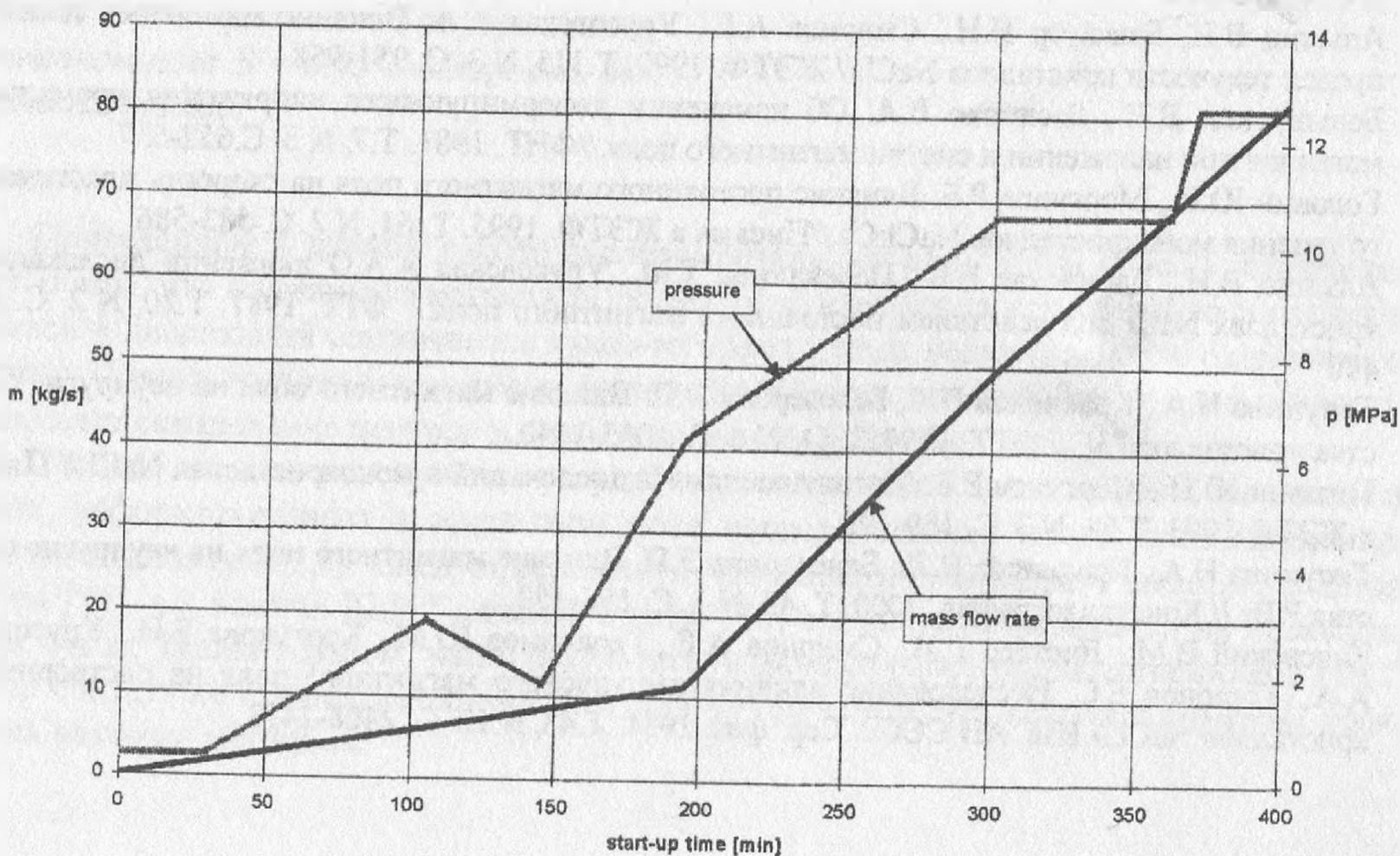
2) *Институт проточных машин Польской академии наук, Гданск,*

3) *Варминско - Мазурский университет, Ольштын, Польша*  
e-mail: [jb@imp.pg.gda.pl](mailto:jb@imp.pg.gda.pl)

На примере закрывающего клапана энергоблока 235 МВт анализируется влияние нестационарных режимов типа пуска на безопасность и надёжность работы пароблока. Нестационарное температурное и напряжённо-деформированное состояние корпуса клапана увеличивает кислородную коррозию, условия коррозионно-тепловой усталости и генерирует другие явления, вызывающие утонение металла и появление трещин и дефектов.

### 1. Нагружение паровой турбины во время пуска

На рис. 1 приведён пример медленного пуска блока № 7 электростанции Козенице. Показаны температура и давление пара контура высокого давления на выходе из котла, массовый расход и номинальная скорость вращения в зависимости от времени после пуска.



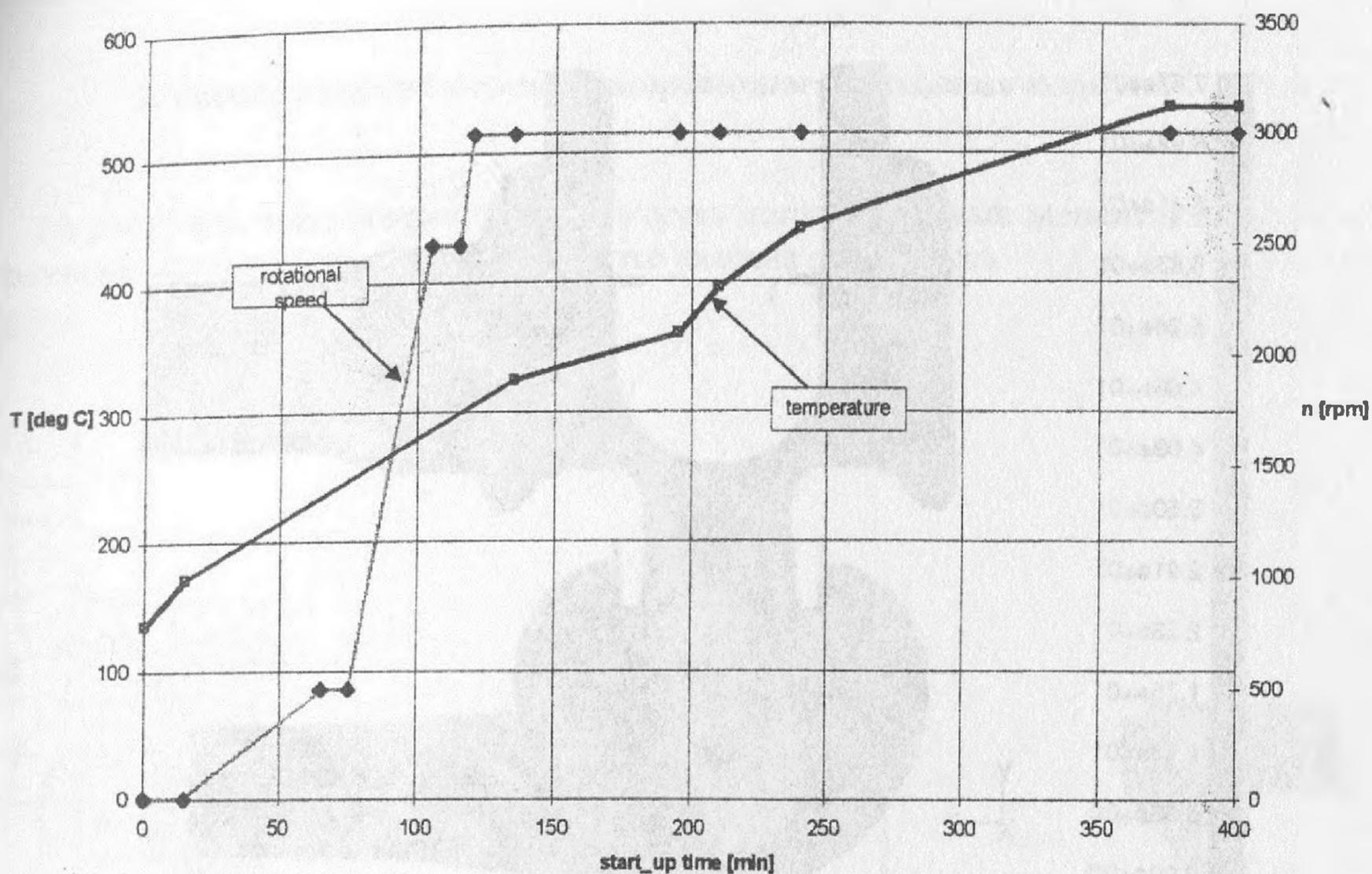


Рис. 1. Пуск блока 235 МВт из холодного состояния.

## 2. Расчёты температурного состояния во время пуска

На рис. 2 показан корпус исследуемого клапана в условиях пуска турбины. Начальная температура крана была равна  $200^{\circ}\text{C}$ . После пуска поле температуры в корпусе клапана было неоднородным. На рис. 3 представлено поле скоростей пара в канале крана, а на рис. 4 – поле температуры через 8 часов после пуска.

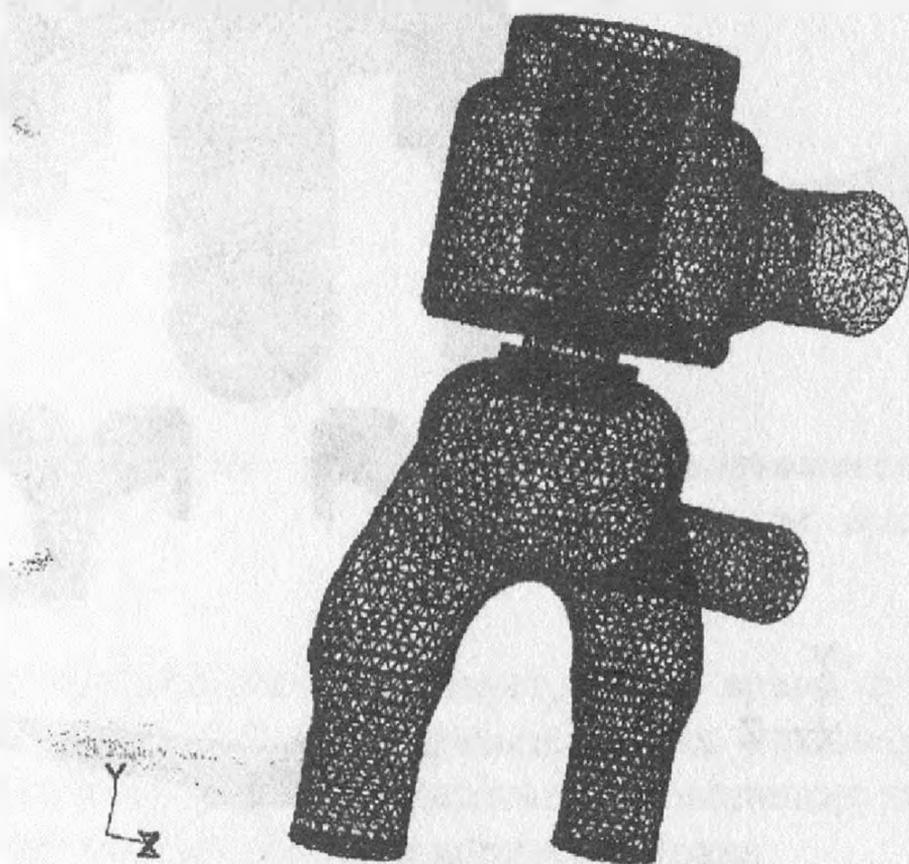


Рис. 2. Расчётная сетка 3-D для нестационарного моделирования течения пара через клапан.

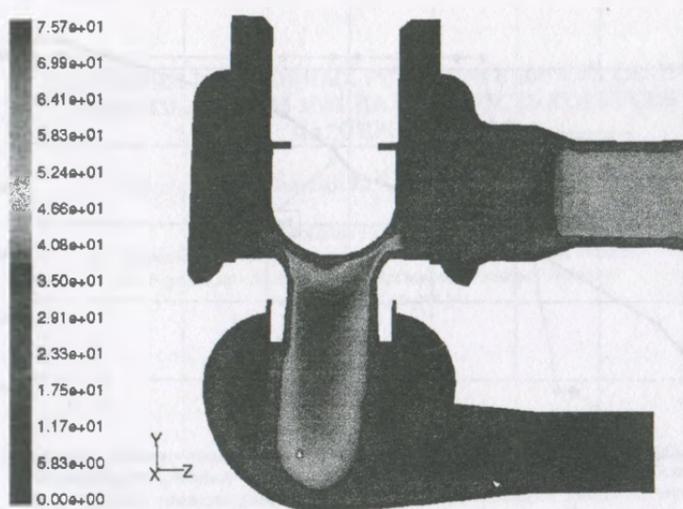


Рис. 3. Распределение скорости после завершения пуска ( $t = 8$  ч).

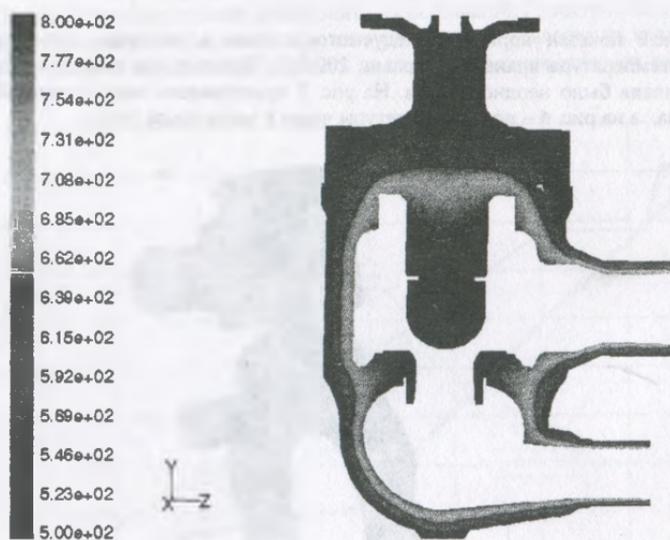


Рис. 4. Установившееся поле температуры в корпусе клапана после 8 часов с момента пуска.

### 3. Расчёт напряжённо-деформированного состояния корпуса.

На рис. 5 и 6, представлена расчётная сетка метода конечных элементов и установившееся поле температуры в корпусе клапана после пуска.

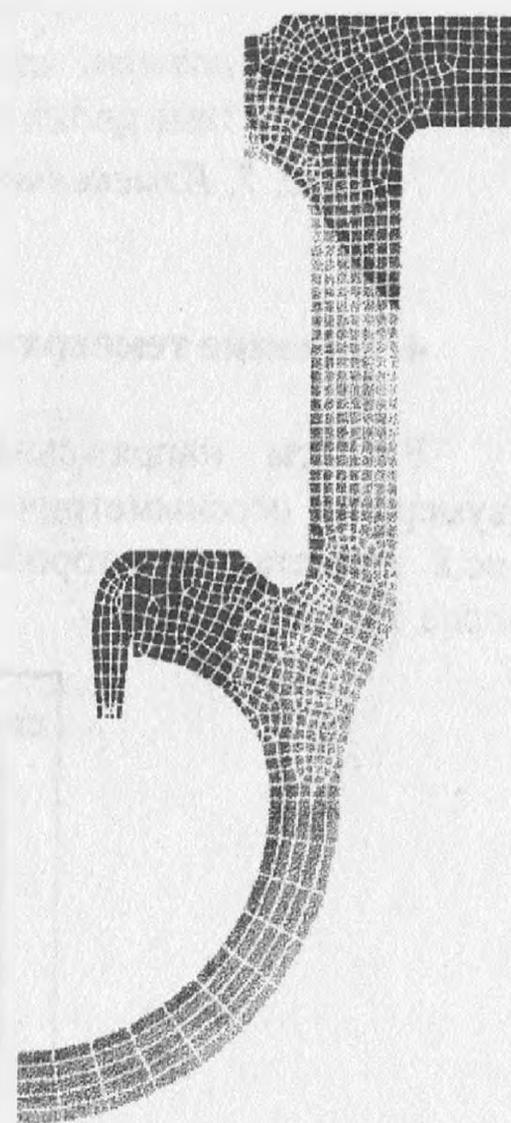
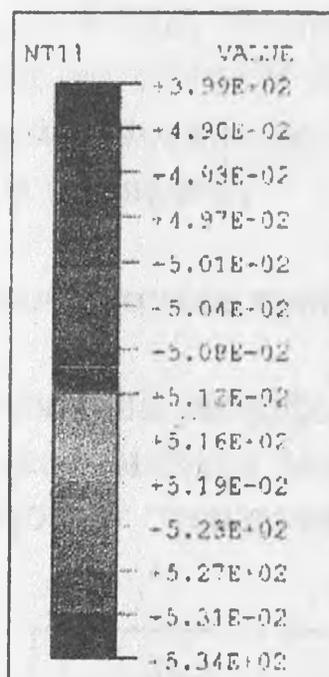
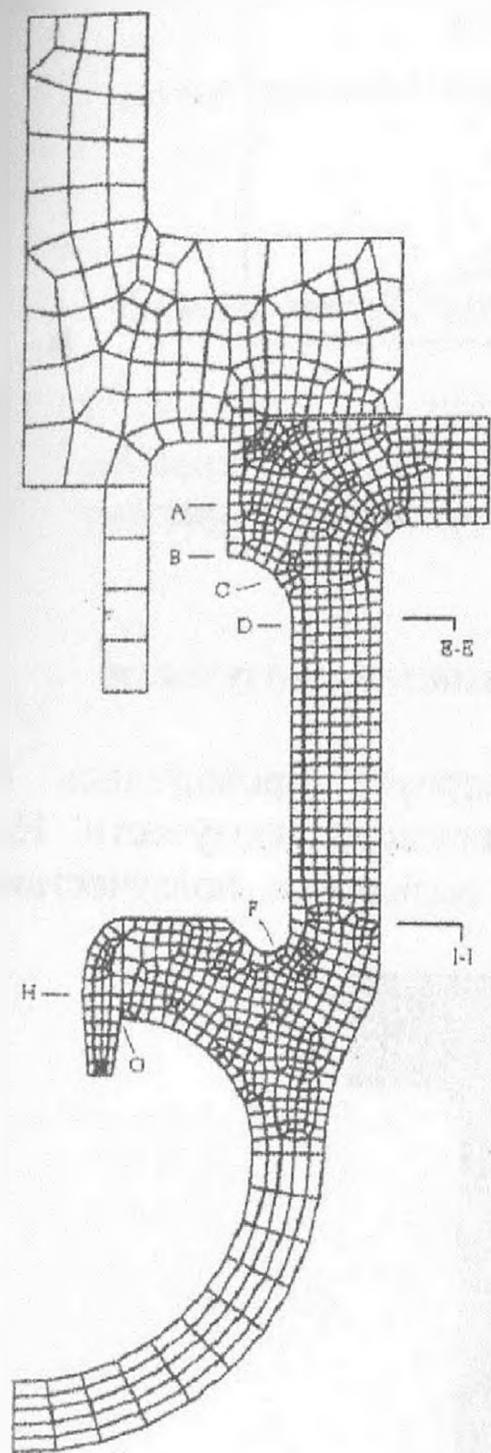


Рис. 5. Расчётная сетка 2-D корпуса.

Рис. 6. Установившееся поле температур после пуска.

Из приведенных результатов расчёта следует, что во время пуска температурные напряжения в корпусе крана в 2-3 раза превышают их номинальные величины в установившемся режиме работы. На рис. 7 представлена эволюция напряжений Губера-Мизеса во время пуска в различных областях корпуса клапана.

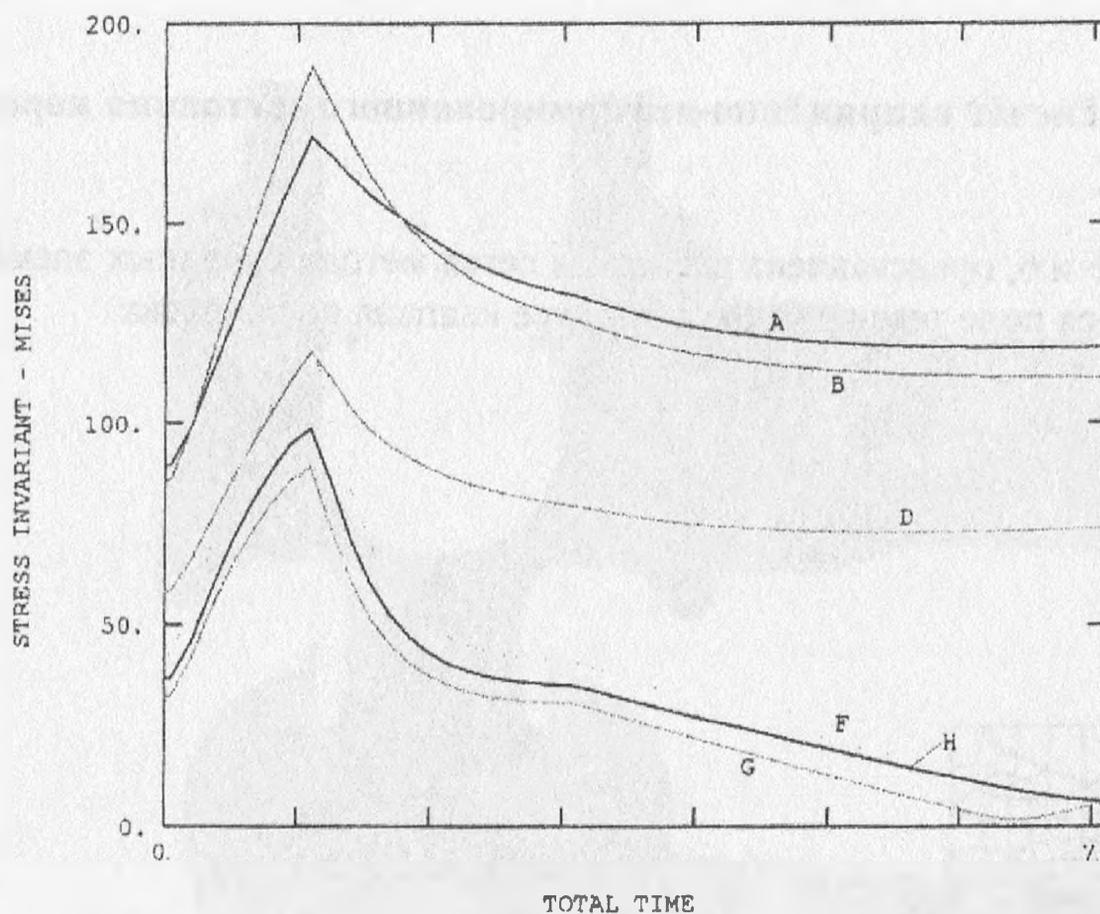


Рис. 7. Изменение во времени поля температурных напряжений в опасных сечениях (см. рис.5)

#### 4. Влияние температурных напряжений на поле деформаций ползучести

Расчёты напряжённо-деформированного состояния корпуса проводились в двумерном осесимметрическом приближении с учётом деформаций ползучести. На рис.8 представлен второй инвариант тензора деформаций, вызванных ползучестью после  $10^6$  часов работы.

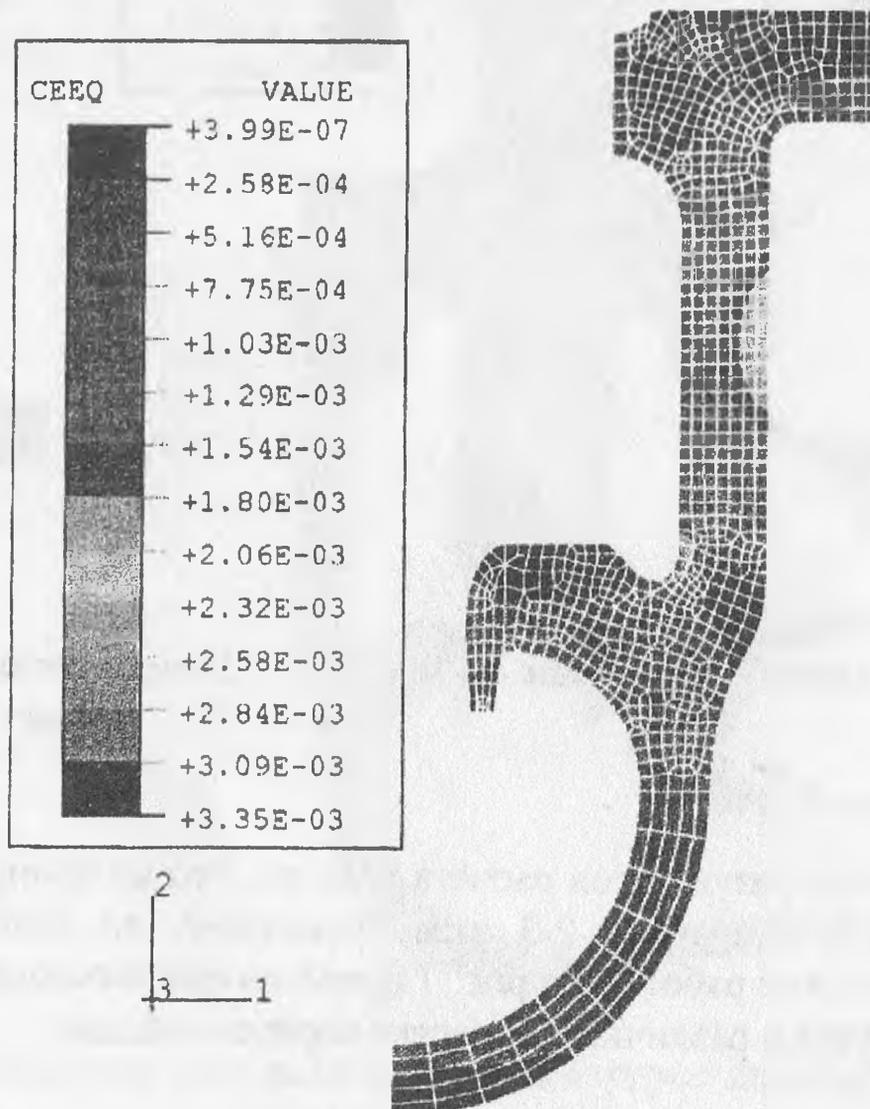


Рис. 8. Деформация ползучести после  $10^6$  часов работы.

На основании этих результатов можно сделать вывод о том, что изменение температурных напряжений в процессе пуска турбины вносит основной вклад в поле деформаций, вызванное ползучестью. Благодаря выполненным исследованиям установлено, что одной из определяющих причин повреждений может быть протекание коррозионных процессов, связанных с термическими циклическими напряжениями, взаимодействующими с ползучестью металла. Вместе с тем, для элементов парового тракта отмечают необходимость рассмотрения процессов разрушения металла на всех стадиях эксплуатации, т.е. не только в условиях работы под нагрузкой, но также в периоды остановки, простоя и пуска блока.

Более детально эта информация представлена в [1].

### Список литературы

- [1] W. Radulski, M. Bielecki, M. Karcz, J. Badur, Interactions between flow, heat and momentum transfer in the steam valve of the 235 MW Unit during start up. *Rep. IFFM*, pp 1-46, 2000, submitted to «*TASK Quarterly*»