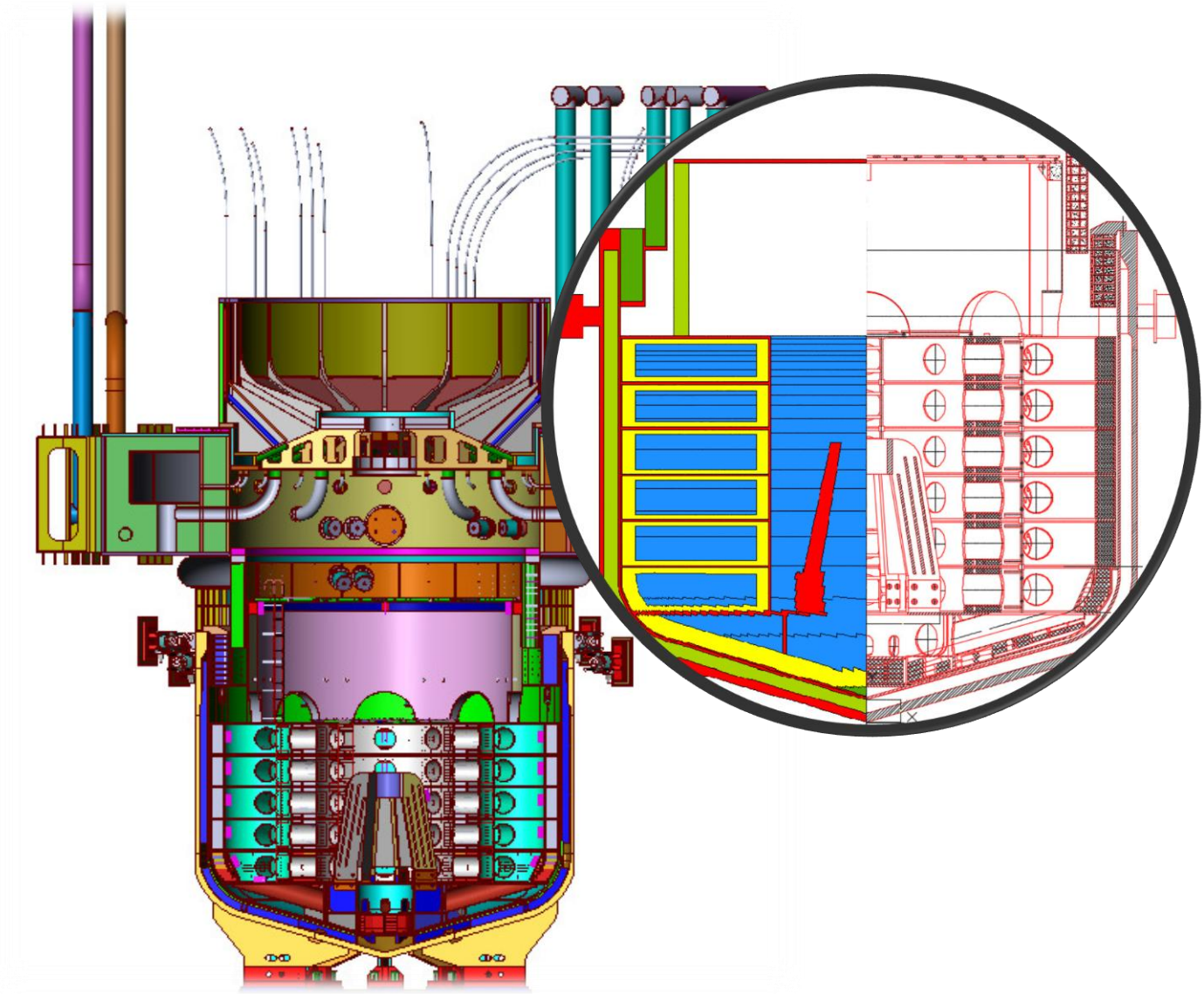
مرکز محاسبات پیشرفته هسته‌ای

Advanced Nuclear Computing Center (ANCC)

آشنایی با کد محاسباتی SCDAP/RELAP



تاریخ انتشار:	۱۴۰۰/۰۲/۲۱	شناسه مدرک:	ANCC-PUB-HM-TN-04-00
شمار صفحات:	۱۴۹		

info@ancc.ir *www.ancc.ir*

© ۱۴۰۰ | همه حقوق این اثر متعلق به مرکز محاسبات پیشرفته هسته‌ای بوده و رونوشت از مطالب آن تنها با یادکرد نام مدرک مجاز است.

«بسم الله الرحمن الرحیم»

درباره مرکز

مرکز محاسبات پیشرفته هسته‌ای (ANCC) در سال ۱۳۸۹ به دستور رییس محترم وقت سازمان انرژی اتمی ایران و با مسئولیت شهید بزرگوار دکتر مجید شهریاری آغاز به کار نمود. در سند چشم‌انداز ۲۰ ساله مرکز، اهداف و مأموریت‌های زیر برای این نهاد در نظر گرفته شده است:

- توسعه و تأمین نرم‌افزارهای حرفه‌ای مورد نیاز برای صنعت هسته‌ای کشور؛
- پرورش نیروی انسانی مورد نیاز برای توسعه و کاربری نرم‌افزارهای هسته‌ای در کشور؛
- فراگیری روش‌های محاسباتی نوین و پیاده‌سازی آن‌ها در نرم‌افزارهای هسته‌ای؛
- آموزش کاربری نرم‌افزارهای هسته‌ای با برگزاری کارگاه‌های آموزشی؛
- ایجاد پایگاهی از نرم‌افزارها و داده‌های هسته‌ای و به‌روز نگهداشتن آن‌ها؛
- راستی‌آزمایی و اعتبارسنجی نرم‌افزارهای هسته‌ای و پیگیری دریافت پروانه بهره‌برداری از مراجع قانونی؛
- تبدیل شدن به یک مرجع ملی در زمینه کدهای هسته‌ای؛
- همکاری با دانشگاه‌ها و مراکز صنعتی و پژوهشی؛

این مرکز امیدوار است که با توکل بر پروردگار متعال و با تکیه بر توان‌مندی کارشناسان و مدیران خود در سایه حمایت‌های سازمان انرژی اتمی ایران به اهداف یادشده دست‌یافته و کشور را به ترازی از دانش محاسبات پیشرفته هسته‌ای برساند که شایسته آن است.

فهرست مطالب

چکیده ۸
کلیدواژه ۸
اختصارات ۹
۱- پیش‌گفتار ۱۰
۲- آشنایی با کلیات کد ۱۳
۲-۱- معماری کد ۱۳
۲-۱-۱- کلیات پردازش ورودی ۱۴
۲-۱-۲- کلیات پیاده‌سازی گذره ۱۵
۲-۲- ارتباط با مدل‌های کد RELAP5 ..... ۱۷
۲-۲-۱- داده‌های مشترک ۱۷
۲-۲-۲- تبادل متغیرها بین SCDAP و RELAP5 ..... ۱۷
۲-۲-۳- تأثیرگذاری پدیده‌های SCDAP بر فرایندهای RELAP5 ..... ۲۳
۲-۲-۴- محاسبه منتقل شده از RELAP5 به SCDAP ۲۷
۲-۳- توسعه‌های ایجاد شده در مدل‌های RELAP5 در کد SCDAP/RELAP5 ..... ۲۸
۲-۴- نوع سازه‌های قلب قابل مدل‌سازی در کد ۲۸
۲-۴-۱- میلهٔ سوخت ۲۹
۲-۴-۲- میلهٔ کنترل نقره-ایندیم-کادمیوم ۲۹
۲-۴-۳- کانال جریان ۳۰
۲-۴-۴- میلهٔ شبیه‌ساز ۳۰
۲-۴-۵- مدل تیغهٔ کنترل راکتور آب جوشان ۳۰
۲-۴-۶- مدل میلهٔ کنترل کاربید بور ۳۱

۳- راهنمای کاربر ۳۱
۳-۱- قالب ورودی ۳۱
۳-۲- تهیه ورودی ۳۲
۳-۳- اجرای مسأله ۳۴
۳-۳-۱- انتخاب گام زمانی و ویرایش خروجی ۳۴
۳-۴- متغیرهای رسم شکل ۳۴
۳-۵- نکاتی در مورد مدل انتشار ویرانی فاز تأخیری ۳۵
۳-۶- مدل گازهای چگالش‌ناپذیر ۳۷
۴- راهنمای حجم‌بندی ۳۷
۴-۱- راهنمایی‌هایی برای حجم‌بندی قلب ۳۷
۴-۲- نمونهٔ حجم‌بندی‌های خارج محفظهٔ راکتور ۳۸
۴-۲-۱- اندازه سلول هیدرودینامیکی خارج محفظهٔ راکتور ۳۹
۴-۲-۲- حجم‌بندی بخش اولیهٔ مولد بخار ۴۰
۴-۲-۳- حجم‌بندی بخش ثانویهٔ مولد بخار ۴۴
۴-۲-۴- حجم‌بندی پمپ خنک‌کننده ۴۶
۴-۲-۵- حجم‌بندی فشارنده ۴۷
۴-۳- حجم‌بندی شکست ۴۸
۴-۳-۱- مدل‌سازی LOCA ۴۸
۴-۳-۲- مدل‌سازی Surge Line ۵۱
۴-۴- کنترل مسأله ۵۲
۴-۴-۱- نوع مسأله ۵۲
۴-۴-۲- کنترل گام زمانی ۵۳

۴-۴-۳- خروجی چاپ شده ۵۵
۴-۴-۴- ویرایش سازه‌های حرارتی SCDAP ۵۶
۴-۴-۵- توقف محاسبات گذره ۵۹
۴-۵- نیازمندی‌های ورودی کد SCDAP/RELAP5 ..... ۶۱
۴-۵-۱- الزامات تهیهٔ خروجی کوچک ۶۱
۴-۵-۲- الزامات خرابی ناشی از خزش ۶۸
۴-۵-۳- ورودی مدل‌سازی قلب راکتور ۷۰
۴-۵-۴- اجزای قلب ۸۲
۴-۵-۵- سازهٔ بخش بالایی و مدل صفحهٔ قلب ۱۰۸
۴-۵-۶- انتقال حرارت تشعشعی ۱۱۰
۴-۵-۷- کارت‌های کنترل COUPLE ۱۱۲
۴-۵-۸- ریزش مذاب قلب تعریف شده توسط کاربر ۱۱۶
۴-۵-۹- آوار بخش پایین محفظهٔ راکتور ۱۱۷
۴-۵-۱۰- ورودی مدل‌سازی راکتورهای گازی دما بالا ۱۲۹
۵- جمع‌بندی ۱۴۹
فهرست مراجع ۱۴۹

فهرست شکل‌ها

شکل ۱: ساختار معماری کد SCDAP/RELAP5 ..... ۱۳
شکل ۲: جریان اطلاعات از بخش SCDAP به بخش RELAP5 ..... ۱۹
شکل ۳: جریان اطلاعات از RELAP5 به SCDAP ۲۰
شکل ۴: نمایی از بسته شدن صفحه‌ای مسیر ناشی از ذوب فلزی ۲۴
شکل ۵: نمای برطرف شدن گرفتگی جریان ۲۵
شکل ۶: اثر ذوب آوار متخلخل بر ترکیب جریان ۲۶
شکل ۷: نمای تغییر در ترکیب جریان ناشی از ویرانی میله‌های سوخت به شکل آوار متخلخل ۲۷
شکل ۸: حجم‌بندی مدار خنک‌کننده بخش اولیه ۴۰
شکل ۹: نمونهٔ حجم‌بندی مولد بخار یکبار گذر ۴۲
شکل ۱۰: حجم‌بندی بخش ثانویه مولد بخار ۴۵
شکل ۱۱: حجم‌بندی فشارنده ۴۸
شکل ۱۲: حجم‌بندی شکست ۴۹
شکل ۱۳: مسیر جریان تعریف شده توسط کاربر پس از ذوب سوخت برای خارجی‌ترین کانال جریان در قلب راکتور ۷۴

فهرست جدول‌ها

جدول شماره ۱:متغیرهای رفتار قلب راکتورهای آب سبک و دسته میله‌های سوخت ۶۱
جدول شماره ۲: متغیرهای مشخص کننده پاسخ قلب راکتور گازی دما بالا ۶۲
جدول شماره ۳: متغیرهای تعیین کنندهٔ پاسخ هر جزء ۶۳
جدول شماره ۴: متغیرهای تعیین کنندهٔ پاسخ هر گره محوری برای هر جزء ۶۳
جدول شماره ۵: متغیرهای دما و خرابی ناشی از خزش ۶۴
جدول شماره ۶: معرفی اجزای محصولات شکافت ۶۵
جدول شماره ۷: معرفی سطح خرابی ۶۵
جدول شماره ۸: متغیرهای مربوط به جزء تیغه و باکس راکتور آب جوشان ۶۵
جدول شماره ۹: کمیت‌های ویژهٔ گرهٔ COUPLE ۶۶
جدول شماره ۱۰: کمیت‌های گره COUPLE ۶۷
جدول شماره ۱۱: شاخص مواد COUPLE ۶۸
جدول شماره ۱۲: گزینه‌های تعریف‌شده توسط کاربر ۷۹
جدول شماره ۱۳: شاخص و نام مواد ۸۰
جدول شماره ۱۴: مدل قابل انتخاب توسط کاربر ۸۹
جدول شماره ۱۵: شمارهٔ شناسایی مواد COUPLE ۱۲۰

چکیده

در این گزارش بخش‌های مختلف کد SCDAP/RELAP و نحوهٔ تهیهٔ ورودی آن ارائه می‌شود. این کد برای محاسبات پاسخ ترموهیدرولیکی در کل سیستم راکتور، رشد ویرانی قلب و گرمایش و ویرانی محفظهٔ راکتور در شرایط حادثهٔ وخیم طراحی شده است. این کد در آزمایشگاه مهندسی و محیط زیست ملی آیداهو با حمایت سازمان هسته‌ای امریکا توسعه داده شده است. توسعهٔ کد RELAP5 در این مرکز در سال ۱۹۷۵ شروع شد و کد SCDAP که توسعهٔ آن در دهه ۱۹۷۰ آغاز شده بود، در سال ۱۹۷۹ با کد RELAP5 همبسته گردید. کد SCDAP/RELAP5-3D همهٔ قابلیت‌ها و تاریخچهٔ اعتبارسنجی نسخه‌های پیشین کد به علاوهٔ قابلیت‌های افزوده شده جدید را دارد.

کد RELAP5 بر اساس مدل دو سیال است و در آن غیریکسان بودن سرعت‌ها و دماهای دو فاز و جریان سیال از میان آوار متخلخل و مسیرهای ایجاد شده در اثر ویرانی قلب مجاز است. مدل‌های کد SCDAP رشد ویرانی قلب راکتور را محاسبه می‌کنند. این مدل‌ها، گرمایش، اکسیدشدن و ذوب میله‌های سوخت و میله‌های کنترل، بالونی شدن و شکست غلاف سوخت، رهایش محصولات شکافت از میله‌های سوخت و تبدیل شدن میله‌های سوخت به آوار متخلخل و مواد مذاب را محاسبه می‌کنند. مدل‌های کد SCDAP همچنین گرمایش و ویرانی ساختاری بخش پایین محفظهٔ راکتور ناشی از فروریختن مواد قلب به داخل آن با تولید گرمای داخلی را محاسبه می‌کند. کد SCDAP/RELAP5-3D برای تحلیل انتقال محصولات شکافت و رفتار رسوب و پدیده‌های محفظه با همبسته‌سازی آن به یک کد تحلیل تفصیلی محصولات شکافت مانند VICTORIA و یا CONTAIN قابل استفاده است.

کد SCDAP/RELAP5-3D شامل مدل‌های اجزای عمومی متعددی می‌شود که با آنها می‌توان سیستم‌های واقعی را مدل‌سازی نمود. مدل‌های اجزا شامل میله‌های سوخت، میله‌های کنترل، پمپ‌ها، شیرها، لوله‌ها، محفظهٔ راکتور، شبیه‌سازهای میلهٔ سوخت الکتریکی، جت پمپ‌ها، توربین، جداکننده، انباره و اجزای سیستم کنترل است. علاوه براین، مدل‌های فرایند خاص برای اثراتی مانند افت شکل، جریان در تغییر ناگهانی مقطع، انشعاب، جریان شوک، انتقال بورون و انتقال گازهای چگالش‌ناپذیر و مدل سینتیک راکتور به کار رفته‌اند.

کلیدواژه

تحلیل یقینی، کد محاسباتی SCDAP/RELAP، حوادث وخیم، ذوب قلب.

اختصارات

اختصار	عبارت اصلی	اختصار	عبارت اصلی
INEEL	Idaho National Engineering & Environmental Laboratory	HFIR	High Flux Isotope Reactor
US NRC	U.S. Nuclear Regulatory Commission	DOE	U.S. Department of Energy

۱- پیش‌گفتار

کد کامپیوتری SCDAP/RELAP5-3D برای محاسبه رفتار ترموهیدرولیکی سیستم خنک‌کننده راکتور در شرایط حادثه وخیم، روند ویرانی قلب و محفظهٔ راکتور و انتشار محصولات شکافت و انتقال آنها در حوادث وخیم طراحی شده است.

کد SCDAP/RELAP5 شامل بخش‌های RELAP5 و SCDAP است. در بخش RELAP5 محاسبات ترموهیدرولیکی کلی، عملکرد سیستم کنترل، سینتیک راکتور و انتقال گازهای چگالش‌ناپذیر انجام می‌شود. یک مدل نیز برای محاسبه افت‌های جریان در آوار متخلخل در این بخش به کار گرفته شده است. اگرچه نسخه‌های پیشین کد شامل تحلیل انتقال محصولات شکافت و رفتار رسوب با استفاده از مدل‌های TRAP-MELT بودند، این قابلیت از طریق همبسته‌سازی با یک کد تفصیلی محصولات شکافت مانند VICTORIA جایگزین شده است. مدل‌های SCDAP گرمایش و روند ویرانی در سازه‌های قلب و بخش پایین محفظهٔ راکتور را محاسبه می‌کنند. محاسبات روند ویرانی شامل محاسبات ذوب میله‌های سوخت و سازه‌ها، تکه تکه شدن میله‌های سوخت ترد شده، انتقال حرارت جابجایی و تشعشعی در آوار متخلخل، شکل‌گیری یک استخر مذاب از مواد قلب و فروریختن مواد مذاب به بخش پایینی است.

در روند توسعه نسخه‌های مختلف کد قابلیت‌هایی از قبیل ذوب آوار متخلخل و غیرمتخلخل، شکل‌گیری و گرمایش استخر مذاب شامل آغاز انتقال حرارت گردش طبیعی گذرا، ویرانی ترومکانیکی پوسته استخر مذاب داخل قلب، ذوب و جابجایی سازه‌های بخش بالایی و بهبود مدل رفتار آوار در بخش پایینی و پتانسیل ویرانی بخش پایین محفظهٔ راکتور به نسخهٔ MOD3.3 افزوده شده است.

کد SCDAP/RELAP5-3D قادر به مدل‌سازی محدودهٔ وسیعی از چیدمان‌های اجزا از تک کانال‌ها تا تأسیسات آزمایشگاهی مختلف تا سیستم‌های راکتور با مقیاس واقعی است. این چیدمان‌ها با استفاده از تعدادی حجم‌های کنترل سیال و اتصالات، سازه‌های حرارتی، اجزای قلب و اجزای سیستم قابل مدل‌سازی هستند. مساحت‌های جریان، حجم‌ها و مقاومت‌های جریان می‌توانند در طول زمان از طریق کنترل کاربر یا مدل‌هایی که تغییرات هندسی را طی ویرانی قلب محاسبه می‌کنند، تغییر کنند. سازه‌های سیستم می‌توانند با استفاده از سازه‌های حرارتی کد RELAP5، اجزای قلب در کد SCDAP و یا مدل‌های آوار در کد SCDAP مدل شوند. سازه‌های حرارتی RELAP5 مدل‌های یک بعدی با هندسه تیغه، استوانه و یا کره هستند. اجزای قلب در کد SCDAP شامل میله‌های سوخت راکتورآب سبک، میله‌ها و یا تیغه‌های کنترل کاربید بور و نقره-ایندیوم-کادمیوم، شبیه‌سازهای میلهٔ سوخت با گرمایش الکتریکی و سازه‌های عمومی است. یک مدل دوبعدی رسانش المان محدود مبتنی بر کد COUPLE برای محاسبهٔ گرمایش بخش پایینی محفظهٔ راکتور و مواد فروریخته در بخش پایین قابل استفاده

است. این مدل گرمای واپاشی و انرژی درونی آوار فروریخته و یا تولید شده در این بخش را لحاظ می‌کند و رسانش حرارتی به سمت دیواره سازه‌ها و آب اطراف آوار را در دو جهت محوری و شعاعی محاسبه می‌کند. مهم‌ترین کاربرد این مدل محاسبهٔ گرمایش بخش پایین محفظهٔ راکتور و زمان ویرانی آن در اثر تماس با مواد فروریخته از ناحیهٔ قلب است. مدل‌های مورد نیاز برای پیاده‌سازی فرایند حادثه مانند سینتیک راکتور، سیستم کنترل و انتقال گازهای چگالش‌ناپذیر می‌توانند توسط کاربر فعال شوند.

کد SCDAP/RELAP5-3D از دو کد RELAP5 و SCDAP/RELAP5 که در INEEL توسعه داده شده‌اند حاصل شده است. پس از حادثه چرنوبیل فعالیت‌های ارزیابی مجدد ایمنی آزمایش‌ها و تولیدات مرتبط با راکتورها آغاز شد و دو کد RELAP5 و SCDAP/RELAP5 به عنوان ابزارهای تحلیل ایمنی سیستم بدلیل وسعت مقبولیت و سهولت کاربرد برای چنین سیستم‌های متعددی انتخاب شدند. تحلیل‌های ایمنی سیستمی برای راکتورهای متعددی در هانفورد، ساوانا، مرکز پیشرفته تست راکتور (ATR) در INEEL، راکتور با شار بالای ایزوتوپ و مرکز پیشرفته چشمه نوترون در اوکریج[۱] و نیز در راکتور پرتوی شار بالای بروکاون[۲] انجام گردید. همچنین وزارت انرژی امریکا کد RELAP5 را برای تحلیل ایمنی مستقل راکتورهای جدید NPR قبل از لغو آن طرح انتخاب کرد.

توسعه و کاربرد این کد به بسته‌های نرم‌افزاری دیگر مرتبط است. موارد زیر قابلیت همبسته‌سازی با کد SCDAP/RELAP5 را دارند:

- کد PARAGRASS-VFP با قابلیت مدل‌سازی رهایش محصولات شکافت،
- کد VICTORIA با قابلیت مدل‌سازی رفتار تفصیلی پدیده‌هایی مانند انتقال ذرات و محصولات شکافت،
- کد PATRAN و نرم‌افزار ABAQUS برای محاسبه جزئیات ویرانی بخش پایین محفظهٔ راکتور،
- نرم‌افزار NPA[۳] با قابلیت نمایش پاسخ گرافیکی نیروگاه،
- کدهای CONTAIN و CRAC2 یا MACCS برای شبیه سازی تفصیلی از آغاز حادثه تا رهایش محصولات شکافت به محیط.

[۱] - Oak Ridge

[۲] - Brookhaven

[۳] - Nuclear Plan Analyzer

کد SCDAP/RELAP5 تحت یک سیستم توسعهٔ منضبط که شامل ثبت تاریخچهٔ تغییرات است حاصل شده است. اصلاح و بهبود برنامه‌نویسی به عنوان یک فعالیت مستمر بازبینی و چک شده است. همچنین تئوری‌های به کار رفته در کد و ارتقای آن در کد از طریق ارزیابی محاسبات با نتایج نمونه‌های آزمایشی و تست‌های ایده‌آل شده، محک زده شده است.

بخش‌های مختلف این کد در پنج جلد شرح داده شده است که شامل مقدمات کد، تئوری مدل‌های کد، راهنمای کاربر و تهیه ورودی، خواص مواد و ارزیابی کد می‌شود.

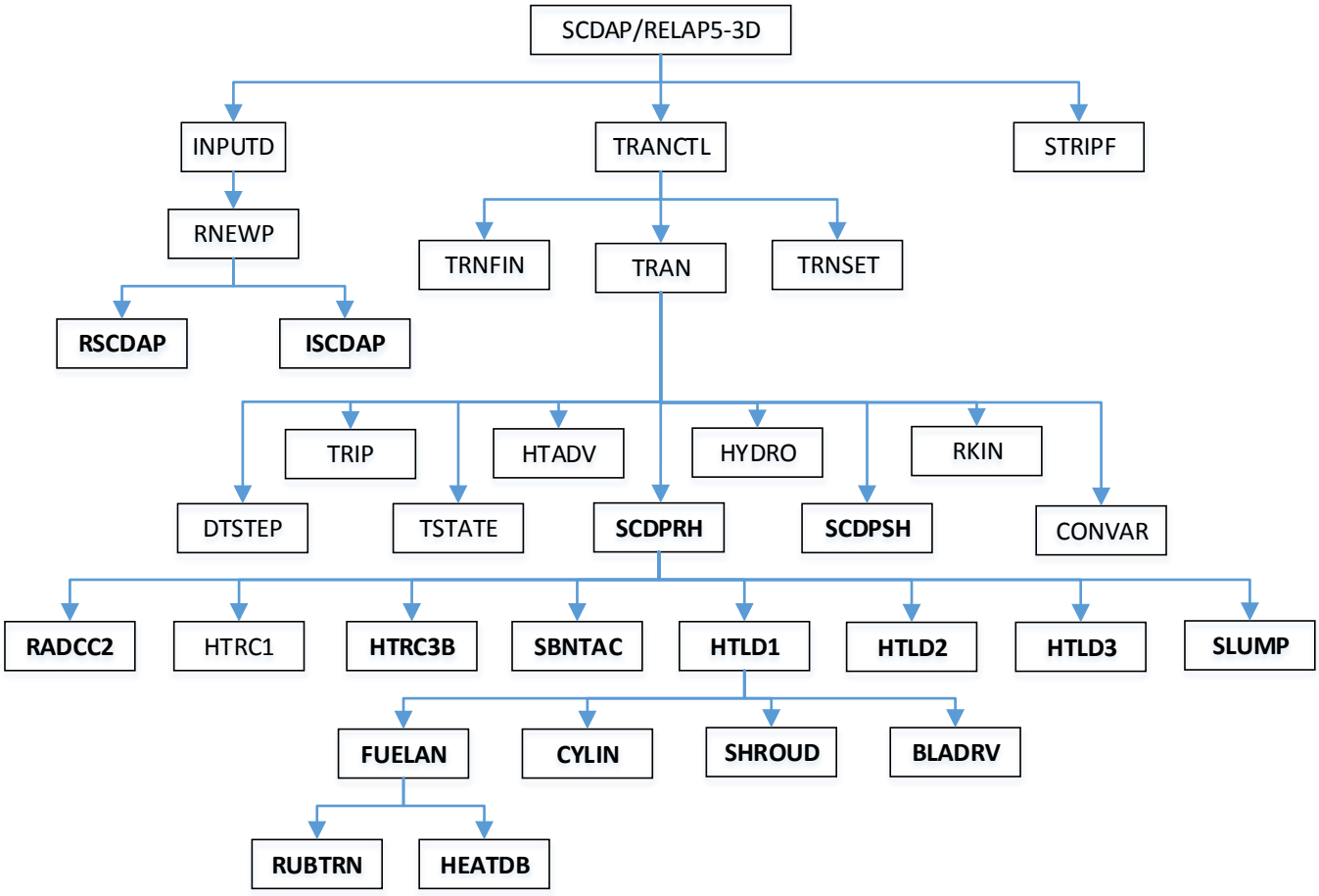
در جلد اول کد، ساختار کلی کد، ارتباط بین مدل‌های RELAP5 و SCDAP و مدل‌های ترموهیدرولیکی مختص نسخهٔ SCDAP/RELAP5-3D شرح داده شده است. جلد دوم شامل شرح تفصیلی مدل‌های حادثه وخیم و روابط آنها است. در این جلد با بیان فرضیات و ساده‌سازی‌های به کار رفته برای تهیه و به کارگیری معادلات پایه در کد و به دنبال آن ارزیابی هوشمند کاربردی بودن و صحت نتایج محاسبات ارائه می‌شود. در جلد سوم راهنمای کاربر و تهیه ورودی برای مدل‌سازی حادثه وخیم ارائه شده است. در جلد چهارم کتابخانه خواص مواد MATPRO شرح داده شده است که شامل شرح زیربرنامه‌های خواص مواد در دسترس برای تحلیل حادثه وخیم است. جلد پنجم حاوی مستندات ارزیابی کد است. توسعه و ارتقای انجام گرفته در نسخه‌های مختلف کد و اثرات آنها بر محاسبات کد در این جلد خلاصه شده است. همچنین این جلد حاوی مقایسهٔ محاسبات کد در محدودهٔ وسیع آزمایش‌های ویرانی وخیم سوخت با نتایج اندازه‌گیری شده و محاسبات حادثه TMI-2 و حوادث وخیم در نیروگاه‌های PWR و BWR می‌باشد.

۲- آشنایی با کلیات کد

۲-۱- معماری کد

انعطاف‌پذیری در مدل‌سازی، سهولت کار و عملکرد مناسب مشخصه‌های اولیه در توسعه کد SCDAP/RELAP5 هستند. در این بخش سازگاری کامپیوتری، ساختار کد، پردازش ورودی و عملکرد آن شرح داده می‌شود.

کد SCDAP/RELAP5 بر مبنای زبان برنامه نویسی فرترن ۷۷ توسعه داده شده است ولی در حال حاضر حاوی اجزای مختلفی از فرترن ۹۰ است. گزینه‌هایی در کامپایل کد به کار رفته است که امکان اجرا در سیستم‌های ۶۴ و ۳۲ بیتی که قالب اعداد اعشاری دقت مضاعف دارند، فراهم شود. کد SCDAP/RELAP5 دارای ساختار کدنویسی بالا به پایین ماژولار است. مدل‌ها و رویه‌های مختلف در زیربرنامه‌های جداگانه کدنویسی شده‌اند. ساختار معماری کد در شکل ۱ نشان داده شده است. در این شکل زیربرنامه‌های مربوط به بخش SCDAP تیره‌تر نشان داده شده‌اند.



شکل ۱: ساختار معماری کد SCDAP/RELAP5

۲-۱-۱- کلیات پردازش ورودی

پردازش ورودی در بخش INPUTD و زیربرنامه‌های مرتبط انجام می‌شود. کنترل گذره در بخش TRNCTL و زیربرنامه‌های مرتبط انجام می‌شود. بخش STRIPE داده‌ها را از فایل restart برای استفاده در برنامه‌های دیگر کامپیوتری استخراج می‌کند.

پردازش ورودی در زیربرنامه‌های INPUTD و RNEWP در سه فاز انجام می‌شود. در فاز اول، داده‌های ورودی خوانده شده و خطاهای مرتبط با نگارش ورودی مانند نوع پارامترها شناسایی می‌شوند. سپس اطلاعات بر اساس شماره کارت به گونه‌ای که به آسانی قابل بازیابی باشند، ذخیره می‌شوند. لیستی از داده‌های ورودی فراهم می‌شود و خطاهای نگارشی منعکس می‌گردد.

در فاز دوم، درصورتی‌که نوع مسأله از نوع آغاز مجدد یک مسألهٔ قبلی باشد، اطلاعات از فایل آغاز مجدد مربوط به شبیه‌سازی پیشین خوانده می‌شوند و همهٔ داده‌های ورودی پردازش می‌شوند. برخی از داده‌های پردازش شدهٔ ورودی در بلوک‌های مشترک ثابت ذخیره می‌شوند، اما بخش بیشتر ورودی در بلوک‌های داده‌های دینامیکی ذخیره می‌شوند، این بلوک‌های دینامیکی بر اساس شرایط مسألهٔ تعریف شده ساخته و اندازه‌دهی می‌شوند. در این مرحله داده‌های جدید حاصل از کارت‌هایی که باید پردازش شوند چک می‌شوند. به عنوان مثال اطلاعات اتصال چک می‌شوند تا درست بودن آنها (مثبت بودن، مخالف صفر بودن و یا بین صفر و یک بودن) مشخص شود. همچنین صحت تعریف کدهای اتصال حجم‌ها در این مرحله بررسی می‌شود.

فاز سوم پردازش داده‌های ورودی پس از پردازش کل داده‌های ورودی خواهد بود. از آنجا که همهٔ اطلاعات در بلوک‌های ثابت و دینامیک در فاز دوم قرار گرفته‌اند، حال در فاز سوم بررسی کامل ارتباطات داده‌ها قابل انجام است. به عنوان مثال بررسی وجود حجم هیدرودینامیکی ارجاع داده‌شده در اتصالات و سازه‌های حرارتی، وجود داده‌های خواص مواد تعیین شده در سازه‌های حرارتی، معتبر بودن متغیرهای انتخابی برای رسم و یا به کار رفته در تریپ‌ها و سیستم‌های کنترلی و ارتباطات بین بلوک‌های داده به گونه‌ای که در هر گام زمانی نیاز به بررسی مجدد آنها نباشد، در این مرحله انجام می‌پذیرد. همچنین تدارکات آغازین برای آماده‌سازی مدل برای شروع گذره در این مرحله انجام می‌شود.

طی دو فاز دوم و سوم پردازش داده‌ها برای اغلب مدل‌ها پیام‌های شناسایی و پیام‌های خروجی تولید می‌شود. به محض شناسایی خطا، رویه‌های متعدد بازیابی به کار گرفته می‌شوند تا پردازش ورودی ادامه یابد و مقدار حداکثری از اطلاعات دریافت شود. رویه‌های بازیابی شامل به کارگیری مقادیر پیش‌فرض یا جایگزینی داده، علامت‌گذاری داده به عنوان دادهٔ نادرست به گونه‌ای که سایر مدل‌ها از این داده استفاده نکنند و یا پاک کردن آنها می‌شود. گاهی اوقات رویه‌های بازیابی

پیغام‌های تشخیصی اضافه تولید می‌کنند. اغلب اوقات پس از تلاش برای اصلاح ورودی، پیغام‌های تشخیصی مختلفی ظاهر می‌شوند که می‌تواند ناشی از ادامه یافتن تهیهٔ نادرست اطلاعات باشد.

پردازش ورودی برای بخش SCDAP در دو زیربرنامهٔ اصلی RSCDAP و ISCDAP انجام می‌شود. در زیربرنامهٔ RSCDAP ورودی بر اساس رویکرد کد RELAP5 پردازش می‌شود و در زیربرنامهٔ ISCDAP متغیرهای مرتبط با SCDAP مقداردهی اولیه می‌شوند، موقعیت‌های المان‌های سوخت در حجم‌های ترموهیدرولیکی نگاشته می‌شود و بررسی صحت ورودی بار دیگر هنگامی که همهٔ داده‌های ورودی خوانده می‌شود انجام می‌پذیرد.

۲-۱-۲- کلیات پیاده‌سازی گذره

زیربرنامهٔ TRNCTL تنها حاوی منطق فراخوانی زیربرنامه‌های سطح پایین‌تر از خود است. زیربرنامه TRNSET بلوک دینامیکی مورد نیاز برای اجرای گذره را از حافظهٔ کامپیوتر به حافظهٔ مرکزی می‌آورد، اتباطات نهایی اطلاعات بین بلوک‌های داده را برقرار می‌سازد، آرایه‌های مورد نیاز برای کنترل حل ماتریس تنک را تدارک می‌بیند و فضای غیرمورد نیاز حافظهٔ کامپیوتر را باز می‌گرداند. زیربرنامهٔ TRAN اجراکنندهٔ گذره است و حل پیش‌روی گذره را کنترل می‌کند. تقریباً همهٔ زمان اجرا در این زیربرنامه طی می‌شود و به حافظهٔ بسیار نیازمند است. زیربرنامه TRNFIN فضایی که مورد نیاز بلوک‌های دادهٔ دینامیکی نیست را آزاد کرده و خلاصهٔ زمان‌بندی گذره را چاپ می‌کند.

زیربرنامهٔ TRAN زیربرنامه‌های زیر را بر اساس نیاز فراخوانی می‌کند:

DTSTEP – تعیین اندازه گام زمانی، کنترل ویرایش خروجی و تعیین پایان گذره. طی اجرای برنامه، این ماژول اطلاعاتی مانند زمان پردازنده، زمان مسأله و حداکثر دمای غلاف را در کنسول اجرا نشان می‌دهد.

TRIP – عبارت‌های منطقی را ارزیابی می‌کند. هر تریپ یک عبارت منطقی ساده است که وضعیت نتیجهٔ آن صحیح یا ناصحیح است. تصمیم اینکه چه اقدامی بر اساس نتیجهٔ تریپ مورد نیاز است به اجزای موجود در ماژول‌های دیگر وابسته است. به عنوان مثال، باز یا بسته شدن یک شیر به خروجی یک تریپ وابسته است. همچنین یک تریپ تعیین می‌کند که آیا در پمپ توقف ایجاد می‌شود یا خیر.

TSTATE – حالت ترمودینامیکی سیال در هر حجم وابسته به زمان تعریف شده توسط کاربر را محاسبه می‌کند.

HTADV – رسانش و انتقال حرارت با استفاده از توان سینتیک راکتور در گام زمانی قبلی و شرایط هیدرودینامیکی گام زمانی قبلی را تعیین و حرارت منتقل شده از مرزهای جامد حجم‌های هیدرودینامیکی را محاسبه می‌کند.

SCDPRH – رسانش حرارتی، پاسخ مکانیکی شامل تغییر در هندسه و مدل‌های رهایش گازهای شکافت را با استفاده از شرایط هیدرودینامیکی گام زمانی قبلی پیش می‌برد. این زیربرنامه در بلوکی که تقریباً همه زیربرنامه‌های اجزای قلب بخش SCDAP در آن عمل می‌کنند، قرار دارد.

HYDRO – حل هیدرودینامیکی را پیش می‌برد.

SCDPSH – زیربرنامه‌های COUPLE را اجرا می‌کند.

RKIN – سینتیک راکتور در کد را پیش می‌برد. رفتار توان در راکتور هسته‌ای را با استفاده از تخمین غیر وابسته به فضا و یا سینتیک نقطه‌ای که در آن فرض می‌شود توان قابل تقسیم به دو تابع فضا و زمان است، محاسبه می‌کند.

CONVAR – قابلیت شبیه‌سازی سیستم کنترل نوعی به کار رفته در سیستم‌های هیدرودینامیکی را فراهم می‌آورد. این زیربرنامه شامل چند نوع جزء کنترلی است. هر جزء یک متغیر کنترلی به عنوان تابع خاص از کمیت‌های پیش‌روی زمانی تعریف می‌کند. کمیت‌های پیش‌روی زمانی شامل کمیت‌هایی از حجم‌های ترموهیدرولیکی، اتصالات، پمپ‌ها، شیرها، سازه‌های حرارتی، سینتیک نقطه‌ای، کمیت‌های تریپ و خود متغیرهای کنترلی است.

RADCC2 – انتقال حرارت تشعشع در دسته سوخت را محاسبه می‌کند.

HTRC1 –ضرایب انتقال حرارت برای مخلوط هوا و آب، مایعات تک‌فاز، جوشش هسته‌ای مادون سرد، جوشش هسته‌ای اشباع، جوشش فیلمی گذار مادون سرد، جوشش فیلمی گذار اشباع، جوشش فیلم مادون سرد، جوشش فیلمی اشباع و جابجایی بخار تک‌فاز را محاسبه می‌کند.

HTRC3B – انتقال حرارت تشعشعی و جابجای در بستر متخلخل از آوار به خنک‌کننده را محاسبه می‌کند.

SBNTAC – اجزای SCDAP را فراخوانی می‌کند.

HTLD1 – شکل‌گیری و گرمایش استخر مذاب در منطقه قلب و ریزش استخر مذاب را محاسبه می‌کند.

SLUMP – تعیین می‌کند که آیا در گام زمانی کنونی ریزش جدید از مواد قلب به بخش محفظهٔ راکتور رخ داده است یا خیر؟ در صورت مثبت بودن جواب، کل جرم موادی که در اثر این ریزش در نهایت به بخش پایین محفظه می‌ریزد را محاسبه می‌کند. ممکن است این ریزش در گام‌های زمانی زیادی ادامه یابد.

FUELAN – رفتار میله سوخت راکتور آب سبک را محاسبه می‌کند.

CYLIN – رفتار میلهٔ کنترل راکتور آب سبک را محاسبه می‌کند.

SHROUD – رفتار shroud را محاسبه می‌کند.

BLADRV – رفتار تیغهٔ کنترل و کانال آن را محاسبه می‌کند.

RUBTRN – موقعیت‌هایی که در آوار بازتولید شده است را شناسایی و مشخصات آوار را محاسبه می‌کند.

HEATDB – گرمایش آوار متخلخل در ناحیهٔ قلب را محاسبه می‌کند.

اگرچه یک مرز مفهومی بین زیربرنامه‌های هیدروردینامیکی و ویرانی وخیم قلب در کد SCDAP/RELAP5 وجود دارد، ولی این دو بخش به یکدیگر همبسته بوده و اطلاعات به صورت آزادانه از این مرز تبادل می‌شود.

۲-۲- ارتباط با مدل‌های کد RELAP5

در این بخش فصل مشترک بین SCDAP و مدل‌های ویرانی وخیم قلب با RELAP5 و مدل‌های بررسی رفتار ترموهیدرولیکی آن شرح داده می‌شود. تبادل اطلاعات بین این دو بخش کد نیز به صورت خلاصه ارائه شده است.

۲-۲-۱- داده‌های مشترک

تبادل اطلاعات بین SCDAP و RELAP5 از طریق بلوک‌های مشترک[۱] در کد انجام می‌گیرد. بلوک‌های مشترک RELAP5 با نام‌های voldat و jundat شامل متغیرهایی است که در SCDAP استفاده شده و تغییر می‌کنند. متغیرهای RELAP5 در زیربرنامه‌های مختلفی در SCDAP استفاده و تغییر می‌کنند. زیربرنامهٔ SCDPRH در SCDAP، در زیربرنامهٔ TRAN که در RELAP5 قرار دارد، برای لحاظ رفتار سازه‌های حرارتی SCDAP در رفتار سیال در ناحیهٔ قلب راکتور و بخش پایین محفظهٔ راکتور فراخوانده می‌شود.

۲-۲-۲- تبادل متغیرها بین SCDAP و RELAP5

جریان اطلاعات بین دو بخش کد در هر گام زمانی رخ می‌دهد و منجر به اتصال فعال مدل‌های دو بخش کد می‌شود. متغیرها در جریان اطلاعات در بخش SCDAP محاسبه شده و سپس به بخش RELAP5 منتقل می‌شوند. این متغیرها لیست می‌شوند و توضیح حاوی تأثیر ایجاد شده از محاسبات RELAP5 بر اطلاعات ورودی از SCDAP ارائه می‌شود. سپس

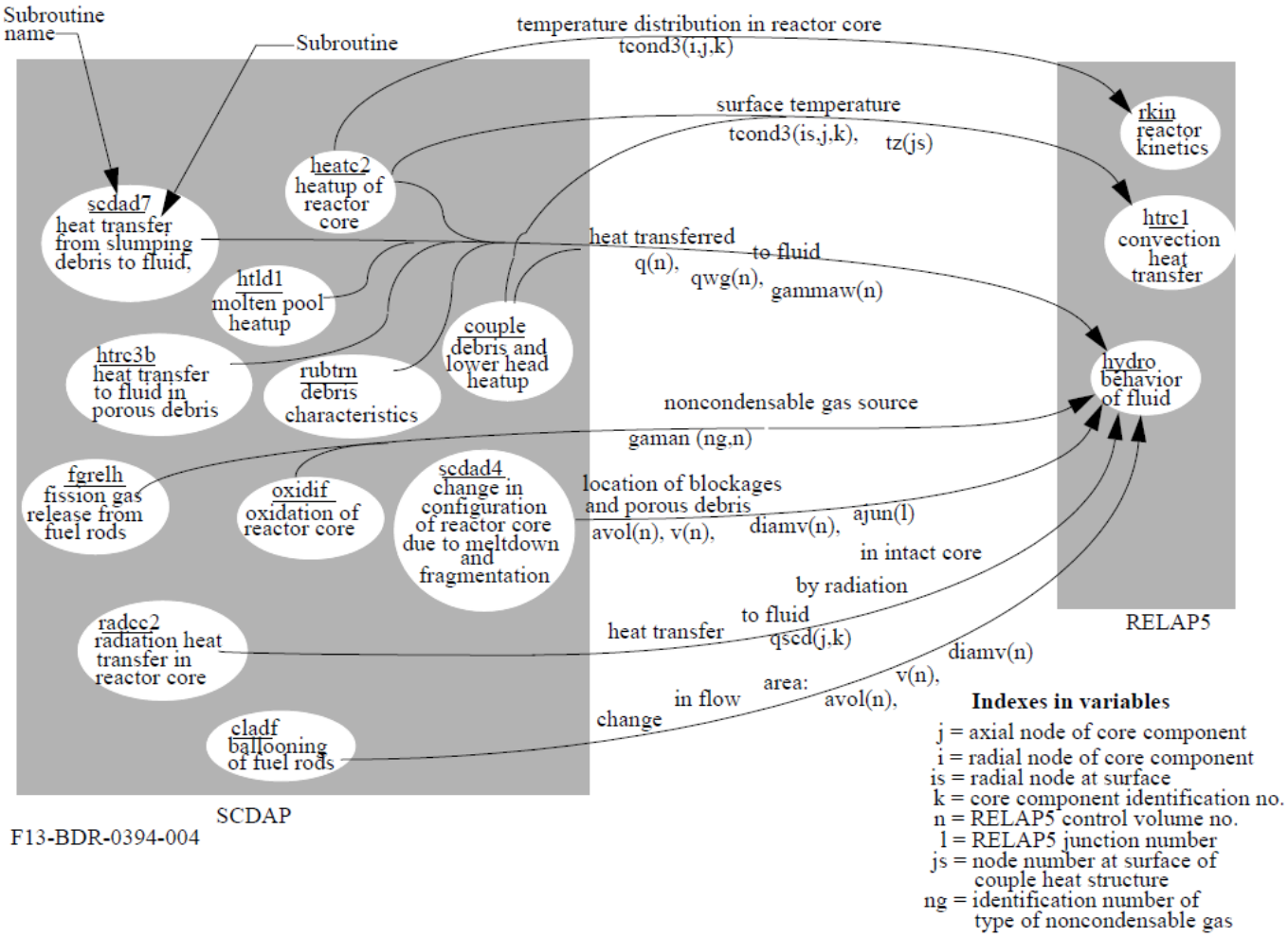
[۱] - common blocks

متغیرهای محاسبه شده در RELAP5 و منتقل شده به SCDAP لیست شده و توضیح اثر SCDAP بر آنها داده می‌شود. خلاصهٔ جریان اطلاعات از SCDAP به RELAP5 در شکل ۲ نشان داده شده است. در این شکل، هر زیربرنامهٔ SCDAP که به RELAP5 اطلاعات منتقل می‌کند و هر زیربرنامهٔ RELAP5 که اطلاعات دریافتی از SCDAP را به کار می‌گیرد، آمده است. نام متغیرهایی که شامل اطلاعات منتقل شده است نیز در این شکل ارائه شده است. جریان اطلاعات از RELAP5 به SCDAP در شکل نشان داده شده است.

متغیرهای محاسبه شده توسط SCDAP و منتقل شده به RELAP5 عبارتند از:

۱. دماهای سطوح سالم و سطوح سازه‌های حرارتی آوار در SCDAP و سازه‌های حرارتی COUPLE،
۲. گرمای منتقل شده به سیال توسط تشعشع از سازه‌های حرارتی سالم،
۳. تغییرات در مساحت جریان قطر هیدرولیکی،
۴. نرخ مصرف بخار و تولید متناظر هیدروژن، رهایش گازهای حاصل از شکافت مانند زینان و کریپتون،
۵. گرمای منتقل شده از آوار متخلخل به سیال در تماس با آوار متخلخل، گرمای منتقل شده از استخر مذاب به سیال و گرمای منتقل شده از مواد قلب ریخته شده در بخش پایینی به سیال.

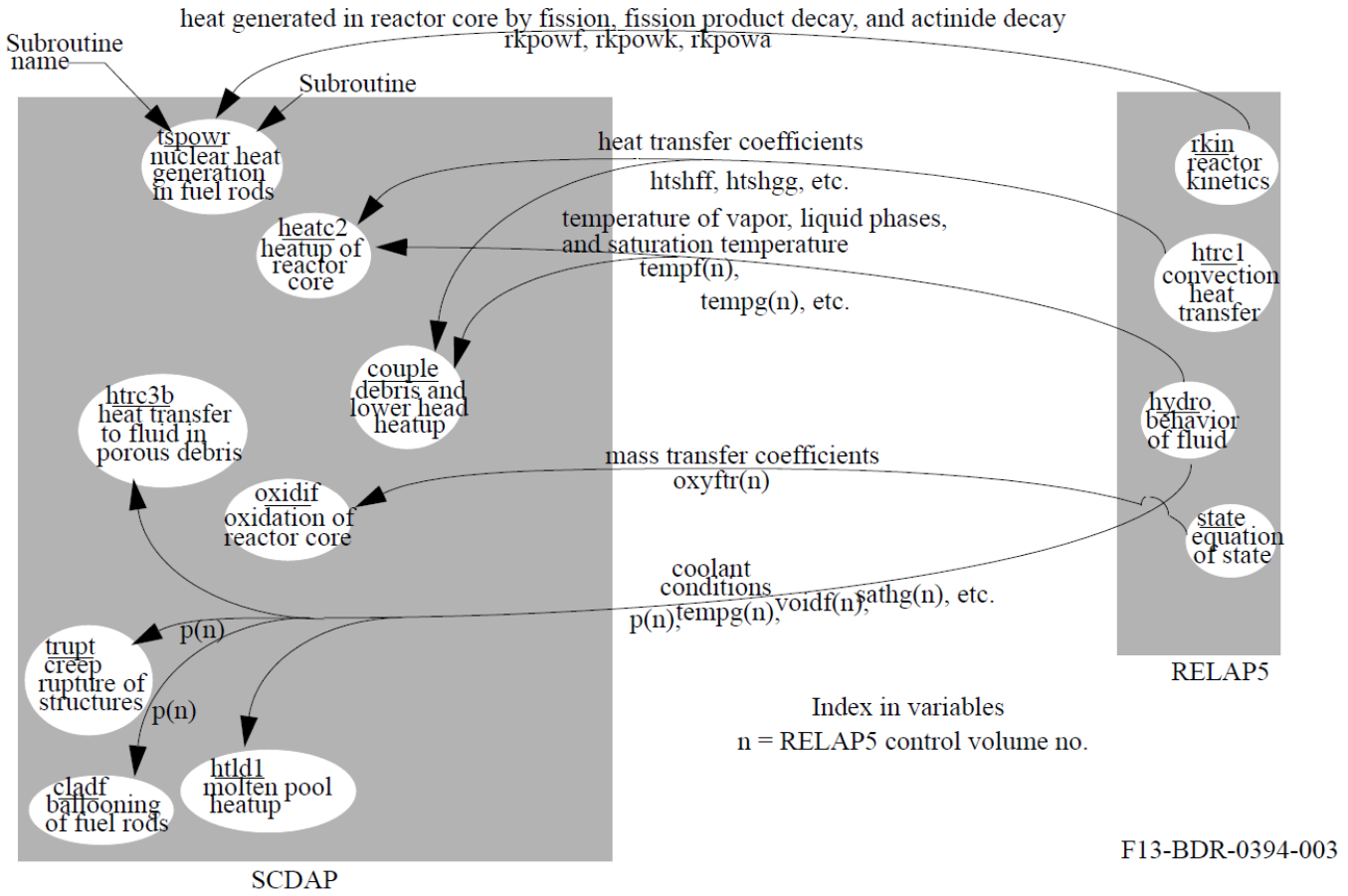
این متغیرها و اثر آنها بر محاسبات RELAP5 در ادامه شرح داده می‌شود.



شکل ۲: جریان اطلاعات از بخش SCDAP به بخش RELAP5

دماهای سطوح سازه‌های حرارتی SCDAP و COUPLE به منظور محاسبه انتقال حرارت جابجایی در سطح سازه‌های حرارتی به RELAP5 منتقل می‌شوند. این متغیرها tcond3(is,j,k) و tz(js) نام دارند که در آنها is گره شعاعی در سطح سازه‌های حرارتی SCDAP، j شماره گره محوری، k شماره اجزای قلب و js شماره گره سازهٔ حرارتی COUPLE واقع شده در سطح است. این متغیرها دمای محاسبه شده و نرخ تولید بخار برای سیال در فصل مشترک سازه‌های SCDAP و COUPLE را تحت تأثیر قرار می‌دهند. دماهای سطوح سازه‌های SCDAP در مدل رسانش حرارتی همین بخش محاسبه می‌شوند که در زیربرنامه‌ای به نام HEATC2 انجام می‌شود. دماهای سطوح برای هر گرهٔ محوری هر جزء قلب راکتور محاسبه می‌شوند. دماهای سطوح سازه‌های حرارتی COUPLE در زیربرنامهٔ GELB محاسبه می‌شوند. دمای سطوح برای هر گرهٔ COUPLE که در تماس با سیال است به RELAP5 منتقل می‌شود. دمای سطوح در زیربرنامهٔ HTRC1 از کد RELAP5 استفاده می‌شود تا انتقال حرارت جابجایی بین سطوح سازه‌های حرارتی و فازهای مایع یا بخار سیال در تماس با سازهٔ حرارتی را محاسبه کند. نرخ تولید حجمی بخار در سطح هر سازه حرارتی و ضریب انتقال حرارت به فازهای مایع و

بخار نیز در زیربرنامهٔ HTRC1 محاسبه می‌شوند. متغیرهای محاسبه شده توسط HTRC1 برای سازه‌های حرارتی، توسط زیربرنامهٔ HTRC3B برای آوار متخلخل محاسبه می‌شوند.



شکل ۳: جریان اطلاعات از RELAP5 به SCDAP

گرمای منتقل شده از طریق تشعشع از سطوح سازه‌های SCDAP و COUPLE به سیال در تماس با این سازه‌ها با SCDAP محاسبه شده و به RELAP5 به منظور لحاظ در محاسبات انرژی درونی و دمای سیال در تماس با این سازه‌ها منتقل می‌شود. انتقال حرارت تشعشعی از سازه‌های حرارتی SCDAP به سیال در تماس با این سازه‌ها در زیربرنامهٔ RADCC2 محاسبه می‌شود. انتقال حرارت تشعشعی در متغیری به نام qscd(j,k) ذخیره می‌شود که در آن j شماره گره محوری و k شماره جزء است. این متغیر که انتقال حرارت جابجایی را نیز محاسبه می‌کند، در زیربرنامهٔ SCDAD4 برای لحاظ گرمای منتقل شده به سیال با تشعشع گاما از سازه‌های حرارتی SCDAP به‌روز رسانی می‌شود.

ویرانی قلب راکتور اثرات قابل توجهی بر جریان سیال خنک‌کننده از میان قلب راکتور و ناحیه پایین محفظهٔ راکتور دارد. بالونی شدن میله‌های سوخت ممکن است منجر به کاهش مساحت سطح تا بیش از ۵۰ درصد شود. ذوب فلز میلهٔ سوخت ممکن است منجر به بسته شدن کامل مسیر جریان در جهت محوری در جاهایی که مواد ریخته شدهٔ مذاب، منجمد شده

است، گردد. تکه تکه شدن میله‌های سوخت ترد و سرد شده ممکن است منجر به افزایش صد برابری مقاومت جریان در موقعیت‌هایی با این شرایط شود. ذوب مواد سرامیکی ممکن است منجر به بسته شدن کامل جریان در جهت‌های محوری و جانبی شود. ذوب و ریزش مسیرهای بسته شده ممکن است باعث بازشدن مجدد مسیر جریان در موقعیت‌های بستهٔ قبلی شود. مساحت‌های سطوح، حجم‌ها، طول‌های حجم‌ها و قطرهای هیدرولیکی در حجم‌های کنترل RELAP5 در ناحیهٔ قلب در بخش پایین با SCDAP تنظیم می‌شود تا تغییرات هندسی ناشی از بالونی شدن میلهٔ سوخت، ذوب میلهٔ سوخت و میلهٔ کنترل، تکه تکه شدن میله‌های سوخت ترد شده و ریزش مواد قلب به بخش پایینی محفظهٔ راکتور لحاظ شوند. متغیرهای RELAP5 که توسط SCDAP به‌روز رسانی می‌شوند عبارتند از:

- ajun(l) – مساحت‌های اتصالات،
- avol(n) – مساحت‌های حجم‌ها،
- v(n) – حجم حجم‌های کنترل،
- dl(n) – طول‌های حجم‌های کنترل،
- diam(n) – قطرهای هیدرولیکی حجم‌های کنترل.

در متغیرهای فوق l مربوط به شماره اتصال و n مربوط به شماره حجم‌ها است. مساحت‌های اتصالات در هر دو جهت محوری و جانبی تنظیم می‌شوند. لحاظ تغییرات قلب راکتور در این متغیرهای RELAP5 در زیربرنامهٔ SCDAD4 انجام می‌شود و لحاظ پر شدن بخش پایینی محفظهٔ راکتور با مواد فروریخته از ناحیهٔ قلب در زیربرنامهٔ SCDAD7 انجام می‌پذیرد.

متغیرهای RELAP5 که برای هر حجم کنترلی که حاوی ترم چشمهٔ گازهای چگالش‌ناپذیر هستند، برای تولید هیدروژن در اثر اکسید شدن قلب راکتور و لحاظ انتشار گازهای شکافت چگالش‌ناپذیر از میله‌های سوخت، با بخش SCDAP به‌روز رسانی و تنظیم می‌شوند. پارامتر gaman(ng,n) که چشمهٔ حجمی برای گاز چگالش‌ناپذیر ngام در حجم کنترل n است، در زیربرنامه‌های OXIDIF (اکسیدشدن میلهٔ سوخت)، OXDCON (اکسیدشدن میلهٔ کنترل PWR)، BWHTCN (اکسیدشدن تیغهٔ کنترل BWR)، BLADRV و FGRELG (انتشار گازهای شکافت) به‌روز رسانی می‌شود. مهم‌ترین گاز چگالش‌ناپذیر هیدروژن است. سایر گازهای چگالش‌ناپذیر زینان، کریپتون و هلیوم هستند که میلهٔ سوخت از آنها پر شده است. مقادیر این چشمه‌های گازی در هر گام زمانی برای هر گره محوری از هر جزء قلب توسط SCDAP به‌روز رسانی می‌شوند.

برای لحاظ انتقال حرارت از آوار متخلخل به سیال، گرمای منتقل شده از سطح خارجی استخر مذاب به سیال تماس با آن و گرمای منتقل شده از آوار فروریخته، پارامترهای q(n) (کل گرمای منتقل شده در RELAP5 به سیال در حجم کنترل n)، qwg(n) (گرمای منتقل شده به بخار در حجم کنترل n) و gammaw(n) (نرخ حجمی تولید بخار در حجم کنترل n) توسط بخش SCDAP در زیربرنامهٔ HTRC3B (برای لحاظ انتقال حرارت از آوار مذاب به سیال در آوار متخلخل) و زیربرنامهٔ SCDPRH (برای لحاظ انتقال حرارت از سطوح سازه‌های حرارتی سالم SCDAP و انتقال حرارت از سطوح استخر مذاب به سیال در تماس با آن) به‌روز رسانی می‌شوند. این متغیرها همچنین در زیربرنامهٔ SCDPRH برای لحاظ گرمای منتقل شده از مواد فروریخته به سیال در تماس با آنها به‌روز رسانی می‌شوند.

تعدادی از متغیرهای بخش RELAP5 برای محاسبه رفتار قلب راکتور به بخش SCDAP منتقل می‌شوند. اولین متغیری که به بخش SCDAP منتقل می‌شود، توان راکتور است. این متغیر سه بخش دارد: توان حاصل از شکافت rkpowf(i)، توان حاصل از واپاشی محصولات شکافت rkpowk(i) و توان حاصل از واپاشی آکتینیدها rkpowa(i). اندیس i توسط بخش مدیریت فایل RELAP5 تعریف می‌شود. زیربرنامهٔ TSPOWR در بخش SCDAP توان محاسبه شده در بخش RELAP5 را به کار می‌گیرد تا توان در هر سازهٔ حرارتی SCDAP را محاسبه کند. ۹ متغیر دیگر از RELAP5 به SCDAP منتقل می‌شوند تا شرایط سیال برای محاسبه انتقال حرارت جابجایی را تعریف کنند. متغیر اول ضریب انتقال حرارت از دیواره به سیال است. متغیر دوم ضریب انتقال حرارت از دیواره به مایع با استفاده از دمای اشباع در فشار کل است. متغیر سوم ضریب انتقال حرارت از دیواره به بخار با استفاده از دمای بخار است. متغیر چهارم ضریب انتقال حرارت از دیواره به بخار با استفاده از دمای اشباع در فشار کل است. متغیر پنجم ضریب انتقال حرارت از دیواره به بخار با استفاده از دمای اشباع بخار در فشار جزئی بخار است. این پنج پارامتر در زیربرنامهٔ HTRC1 در RELAP5 محاسبه می‌شوند. متغیر ششم تا نهم به ترتیب دمای فاز مایع، دمای فاز بخار، دمای اشباع در فشار کل و دمای اشباع در فشار جزئی بخار هستند. این ۹ متغیر htshff(n)، htshgg(n)، htshft(n)، htshgp(n)، tempf(l)، tempg(l)، tsatt(l) و satt(l) هستند و در زیربرنامهٔ HYDRO در RELAP5 محاسبه می‌شوند. در این متغیرها n شاخص تعیین شماره اجزای SCDAP و l شماره حجم کنترل RELAP5 که در تماس با جزء تعیین شده توسط شاخص n است. این ۹ متغیر برای هر گره محوری در هر سازهٔ حرارتی SCDAP و برای گره‌های بر روی سطح هر سازهٔ حرارتی COUPLE منتقل می‌شوند. ضرایب انتقال حرارت و دماهای سیال برای تعیین شرایط مرزی در مدل‌های شرایط رسانش حرارتی SCDAP و COUPLE به کار می‌روند. متغیر دیگری که به SCDAP منتقل می‌شود نرخ انتقال جرم بخار از میان لایهٔ مرزی در سطح سازه‌های حرارتی SCDAP که اکسیدشدند می‌باشد. این متغیر oxyftr(n) نام دارد. N شماره حجم کنترل در RELAP5 است. این متغیر برای هر گره محوری هر سازهٔ حرارتی SCDAP منتقل

می‌شود و برای تعیین یک شرط مرزی در مدل‌های اکسیدشدن به کار می‌رود. متغیر دیگری که به بخش SCDAP منتقل می‌شود فشار سیال p(n) است. این متغیر در بخش SCDAP برای تعیین شرایط مرزی در مدل بالونی شدن میلهٔ سوخت، محاسبهٔ ضرایب انتقال جرم برای مدل اکسیدشدن و برای تعریف شرایط مرزی در مدل خرابی ناشی از خزش بخش پایینی و سایر سازه‌ها به کار می‌رود. درپایان، سایر خواص انتقالی و ترمودینامیکی سیال برای محاسبه انتقال حرارت از آوار متخلخل به سیال، انتقال حرارت از استخر مذاب به سیال و انتقال حرارت از مواد فروریخته به سیال به بخش SCDAP منتقل می‌شوند.

۲-۲-۳- تأثیرگذاری پدیده‌های SCDAP بر فرایندهای RELAP5

تعدادی از پدیده‌های بخش SCDAP بر روی فرایندهای بخش RELAP5 تأثیر دارند.

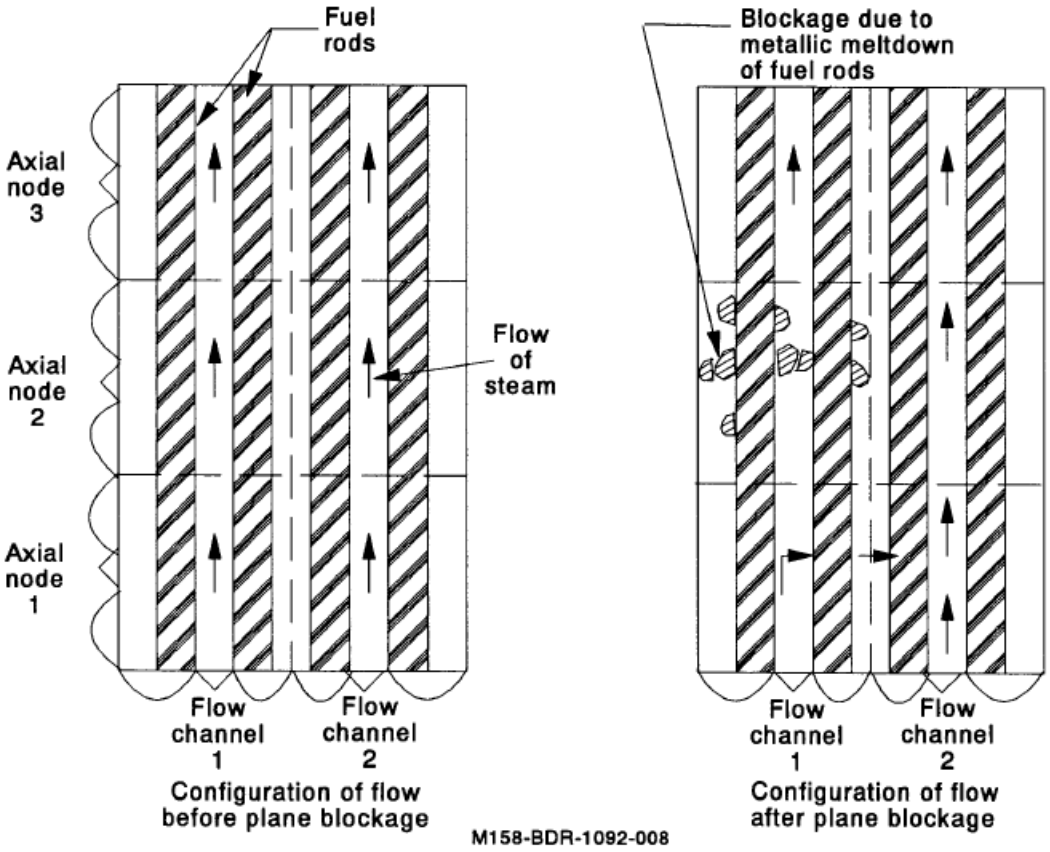
۲-۲-۳-۱- تغییر در مشخصات هیدرودینامیکی در اثر ویرانی قلب راکتور

دو پدیده بالقوه می‌توانند منجر به تغییر در سطح جریان هیدرودینامیکی به کار رفته در بخش RELAP5 شوند. این پدیده‌ها بالونی شدن اجزای قلب و ذوب و جابجایی مواد قلب هستند. پدیدهٔ بالونی شدن ممکن است طی یک حادثهٔ دما بالا در یک میلهٔ سوخت رخ دهد. ذوب و جابجایی مواد قلب هنگامی رخ می‌دهد که مواد یک میلهٔ سوخت یا میلهٔ کنترل ذوب و به سمت بخش پایین جابجا شده و گرفتگی جریان رخ دهد.

کاهش سطح جریان حجم هیدرودینامیکی ناشی از بالونی شدن غلاف با کاهش مقدار متغیر مساحت جریان اعمال می‌شود. به دلیل اینکه این تغییر یک تغییر ماندنی است، برخلاف گرفتگی جریان که بسته شدن می‌تواند دستخوش ذوب و جابجایی شود، اطلاعات اضافی مربوط به سطح جریان پیش از گرفتگی جریان نیاز نیست. این کاهش در سطح جریان، جریان در هر دو جهت محوری و جانبی را تحت تأثیر قرار می‌دهد.

فروریختن غلاف میلهٔ سوخت ذوب شده باعث کاهش سطح جریان در جاهایی که مواد فروریخته منجمد می‌شوند، می‌گردد. اگر مقدار کافی از مواد در یک موقعیت منجمد شود، یک انسداد صفحه‌ای حاصل می‌شود. نمایی از این نوع از بسته شدن در شکل ۴ نشان داده شده است. این شکل بخشی از یک قلب راکتور را که حاوی دو کانال جریان و سه گره محوری است، نشان می‌دهد. بخش سمت چپ عکس حالت قلب راکتور پیش از گرفتگی مسیر و بخش سمت راست عکس حالت آن بعد از گرفتگی مسیر را نشان می‌دهند. گرفتگی در گرهٔ شماره ۲ در کانال ۱ در اثر ریزش مخلوط مایع شده غلاف و سوخت ایجاد می‌شود. مسیر در جهت محوری در گره شماره ۲ بسته می‌شود ولی در جهت محوری بخشی از مسیر بسته می‌شود.

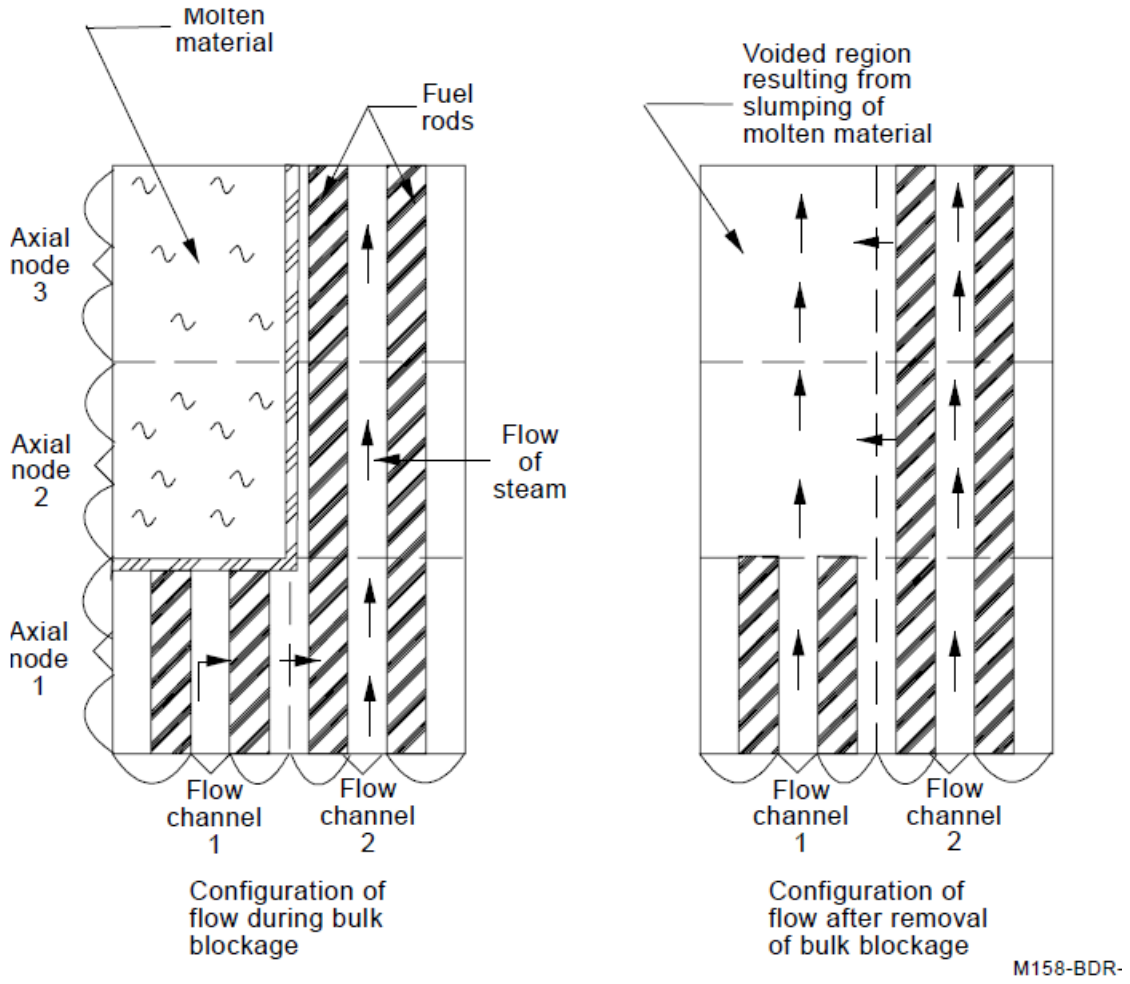
پیش از اینکه گرفتگی صفحه‌ای ایجاد شود، ضرایب افت افزایش می‌یابد و سطح جریان در گره محوری ۲ به صورت تابعی از مقدار مواد فروریخته کاهش می‌یابد.



شکل ۴: نمایی از بسته شدن صفحه‌ای مسیر ناشی از ذوب فلزی

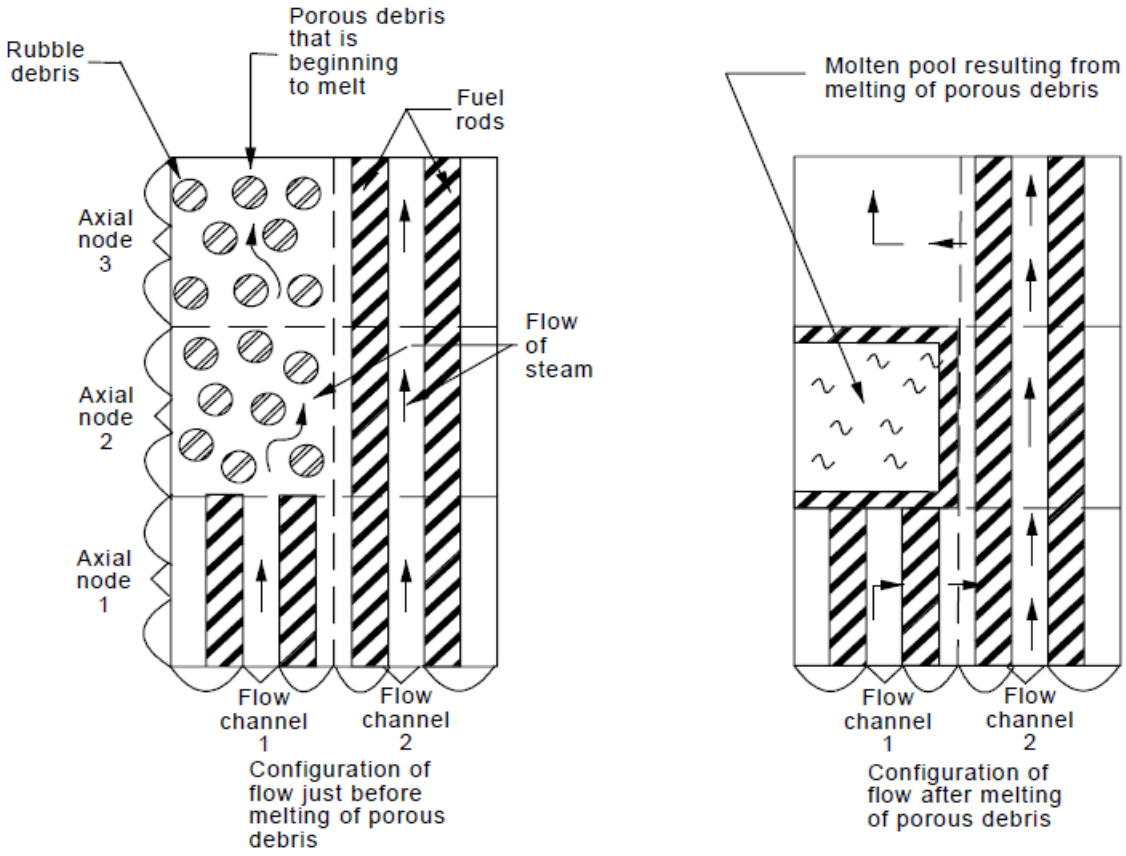
هنگامی که مواد موجود در گرفتگی مجدداً ریزش کند، گرفتگی جریان برطرف می‌گردد. هر دو نوع گرفتگی صفحه‌ای و حجمی ممکن است برطرف گردد. در حالت رفع گرفتگی صفحه‌ای سطح جریان اتصال در محل گرفتگی از صفر تا سطح جریان پیش از گرفتگی تغییر می‌کند. هنگامی که گرفتگی حجمی برطرف شود، سطوح جریان اتصالات برای حجم به مقادیر پیش از گرفتگی باز می‌گردد و مدل حجم کنترل RELAP5 در آن موقعیت فعال می‌شود.

گرفتگی حجمی از ذوب اکسید اورانیوم و اکسید زیرکونیوم در میله‌های سوخت که دارای بالاترین دمای ذوب هستند، ناشی می‌شود. ذوب این مواد باعث ویرانی کامل چارچوب و تجمع مقدار زیادی از مواد بدون تخلخل می‌شود. ریزش مواد جمع شده بعد از انتقال آنها به مکان سردتر و انجماد پایین و مرزهای جانبی آن متوقف می‌شود. گرفتگی حجمی، جریان در جهت‌های محوری و جانبی را در یک گره می‌بندد. اگر گرفتگی حجمی برطرف شود، محاسبات مجدداً بر اساس مقدار و ترکیب سیال و حالت ترمودینامیکی سیال در آن موقعیت انجام می‌شود.



شکل ۵: نمای برطرف شدن گرفتگی جریان

حجم موجود برای جریان سیال در جاهایی که ذوب مواد متخلخل منجر به تجمع و راکد شدن مواد مذاب می‌شود، افزایش می‌یابد. تغییر در ترکیب حاصل از این فرایند در شکل ۶ نشان داده شده است. بخش سمت چپ آوار متخلخلی که در گره‌های محوری ۲ و ۳ در کانال ۱ شروع به ذوب می‌کنند را نشان می‌دهد. بخار از میان هر دو گرهٔ محوری عبور می‌کند. بخش سمت راست شکل الگوی جریان بخار بعد از اینکه آوار متخلخل در گره محوری به طور کامل ذوب شده‌اند را نشان می‌دهد. آوار متخلخل مذاب در گره محوری ۳ به فضای باز گرهٔ ۲ ریزش می‌کند. برای نمایش این تغییر در ترکیب، مدل گرفتگی جریان، سطح جریان را برای همه اتصالات متصل به گرهٔ محوری ۲ در RELAP5 را صفر می‌گیرد و حجم کنترل حاوی سیال در گرهٔ محوری ۲ در RELAP5 را غیرفعال می‌سازد. در اثر ریزش مواد گرهٔ ۳ به گره ۲ و باز شدن فضای گرهٔ ۳، مدل برای این گره فضای حجم کنترل را افزایش می‌دهد.

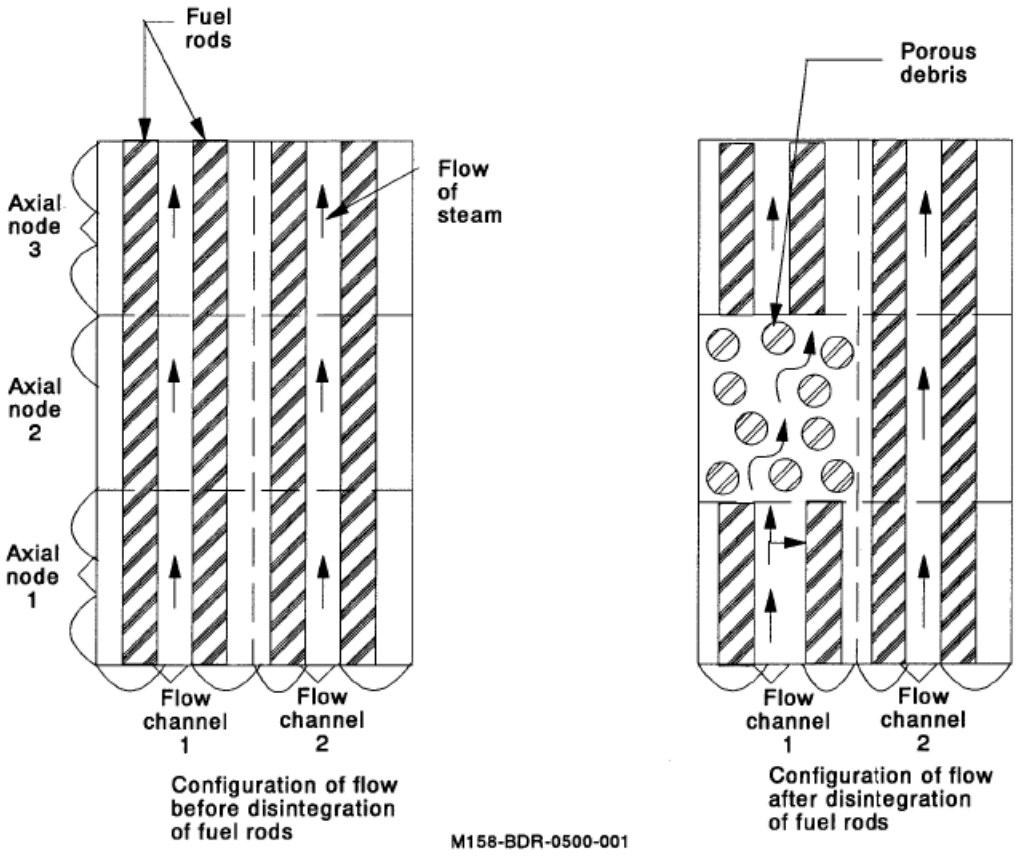


شکل ۶: اثر ذوب آوار متخلخل بر ترکیب جریان

در جایی از قلب راکتور که از حالت کانال‌های بین میله‌های عمودی سوخت به ترکیب آوار متخلخل تغییر می‌کند، افت‌های جریان قابل توجهی ایجاد می‌شود. نمایی از این تغییر در شکل ۷ نشان داده شده است. پس از وقوع این حالت مسیر جریان سیال بسیار پیچ در پیچ می‌شود. در نتیجه، اصول افت جریان برای کانال قابل استفاده نیستند. در عوض قانون دارسی برای آوار متخلخل به کار گرفته می‌شود. در اینجا اندازه ذرات آوار و ضریب تخلخل آوار توسط زیربرنامهٔ rubtrn در بخش SCDAP محاسبه شده و به زیربرنامهٔ hloss در بخش RELAP5 منتقل می‌شود. سپس نفوذپذیری[۱] و عبورپذیری[۲] آوار مذاب با استفاده از این مشخصات آوار محاسبه می‌شوند و کسرهای حجمی فاز مایع و بخار خنک‌کننده در آن موقعیت محاسبه می‌شود. سپس افت جریان به صورت تابعی از نفوذپذیری و عبورپذیری محاسبه می‌شود.

[۱] - Permeability

[۲] - Passability



شکل ۷: نمای تغییر در ترکیب جریان ناشی از ویرانی میله‌های سوخت به شکل آوار متخلخل

۲-۲-۳-۲- انتقال چگالش‌ناپذیر

بخش SCDAP قابلیت بررسی رهایش گازهای چگالش‌ناپذیر (هیدروژن و محصولات شکافت) را دارد. بخش RELAP5 باید انتقال این گازها را از سیستم خنک‌کنندهٔ اولیه دنبال کند و اثرات آنها بر روی پاسخ حرارتی سایر سیستم‌ها را ارزیابی نماید. کاربر باید هیدروژن را به عنوان گاز چگالش‌ناپذیر در ورودی تعیین کند. اثرات گازهای چگالش‌ناپذیر در RELAP5 با ضرایبی که ضرایب انتقال حرارت حجمی را بهبود می‌دهند اعمال می‌شود. همچنین این امر ممکن است تعیین رژیم جریان را نیز متأثر سازد.

۲-۲-۴- محاسبه منتقل شده از RELAP5 به SCDAP

محاسبات RELAP5 در زمینهٔ سرمایش جابجایی و شرایط خنک‌کننده به بخش SCDAP منتقل می‌شوند تا محاسبات گرمایش و ویرانی قلب راکتور و بخش پایینی محفظه انجام شود. مدل رسانش حرارتی در SCDAP برای سازه‌های سالم قلب راکتور ضرایب انتقال حرارت جابجایی محاسبه شده توسط RELAP5 را به عنوان شرایط مرزی برای سازه‌ها به کار می‌برد. مدل SCDAP برای انتقال حرارت تشعشعی از فشار خنک‌کننده و ضریب تشعشع و ضریب جذب فاز بخار محاسبه

شده توسط RELAP5 استفاده می‌کند. مدل سرمایش تشعشعی و جابجایی آوار متخلخل در SCDAP از شرایط سیال و خواص خنک‌کننده محاسبه شده برای آوار متخلخل توسط RELAP5 استفاده می‌کند. این شرایط و خواص سیال شامل موارد زیر است:

- کسر حجمی مایع و بخار،
- فشار سیال،
- سرعت‌های فازهای مایع و بخار،
- چگالی‌های فازهای مایع و بخار،
- لزجت‌های فازهای مایع و بخار.

مدل اکسیدشدن در SCDAP از فشار و چگالی سیال، کیفیت گازهای چگالش‌ناپذیر، پخش جرم آب در مخلوط گاز و ضریب انتقال حرارت جابجایی حاصل از محاسبات RELAP5 استفاده می‌کند. مدل بالونی شدن غلاف و مدل ویرانی ناشی از خزش بخش پایینی در بخش SCDAP از فشار سیال محاسبه شده توسط RELAP5 استفاده می‌کند. مدل رسانش حرارتی SCDAP برای سازه‌های سالم قلب راکتور و مدل‌های گرمایش آن برای آوار متخلخل و استخرهای مذاب از تولید گرمای حاصل از واپاشی محاسبه شده توسط RELAP5 استفاده می‌کند.

۲-۳- توسعه‌های ایجاد شده در مدل‌های RELAP5 در کد SCDAP/RELAP5

توسعه‌های ایجاد شده در مدل‌های موجود RELAP5 برای ارتقای آنها به مدل‌های ویژهٔ SCDAP/RELAP5 شامل چهار بخش زیر است:

- مدل سینتیک راکتور،
- مدل گرمای هسته‌ای،
- روابط انتقال حرارت برای سطوح خارجی بخش پایینی محفظهٔ راکتور،
- تکنیک‌های ویژه.

۲-۴- نوع سازه‌های قلب قابل مدل‌سازی در کد

سازه‌های قلب معرف اجزایی از قلب راکتور هستند که در ابتدای تحلیل جامد هستند و شامل میله‌های سوخت، میله‌های کنترل، کانال‌های جریان و میله‌های شبیه‌ساز می‌شوند.

۲-۴-۱- میلهٔ سوخت

مدل رفتار میلهٔ سوخت، پاسخ حرارتی، مکانیکی و شیمیایی میله‌های سوخت طی حوادث وخیم را محاسبه می‌کند. مدل‌های رفتار میلهٔ سوخت، تولید حرارت هسته‌ای، توزیع دما، اکسیدشدن غلاف سوخت، اعوجاج سوخت، ذوب شدن و رهایش محصولات شکافت را لحاظ می‌کنند. تولید حرارت هسته‌ای در ترکیب با تولید حرارت ناشی از اکسیدشدن غلاف، دمای میلهٔ سوخت را تعیین می‌کند. دمای میلهٔ سوخت با روش اختلاف محدود دوبعدی محاسبه می‌شود. گرمای اکسیدشدن آلیاژ زیرکونیوم چشمه گرمایی غالب پس از رسیدن دما به ۱۵۰۰ کلوین است. اعوجاج غلاف سوخت مبتنی بر مدل‌های مکانیکی توسعه داده شده برای کدهای FRAP-T6 و FRAPCON-2 است. این مدل اعوجاج یا بالونی شدن متقارن غلاف و بالونی شدن غیرمتقارن محلی را لحاظ می‌کند. ذوب شدن، جریان یافتن و انجماد مجدد مخلوط U-O-Zr نیز لحاظ می‌شود. فرض می‌شود مواد مایع به صورت تودهٔ متقارن حرکت می‌کند و گرما و یک لایهٔ جامد بر روی لایهٔ اکسید زیرکونیوم برجای می‌گذارد. رهایش گازهای داخلی (کریپتون، زینان و هلیوم) و محصولات فرار شکافت (سزیم و ید) با استفاده از مدل PARAGRASS مدل می‌شوند.

۲-۴-۲- میلهٔ کنترل نقره-ایندیم-کادمیوم

دماهای میلهٔ کنترل با استفاده از همان مدل رسانش حرارتی میله‌های سوخت محاسبه می‌شود. گرمای هسته‌ای تعیین شده توسط کاربر، گرمایش شیمیایی حاصل از اکسید شدن لوله‌های هادی از جنس آلیاژ زیرکونیوم و غلاف فولاد ضدزنگ[۱] و انتقال حرارت جابجایی و تشعشعی از خنک کننده و میله‌های سوخت مجاور لحاظ می‌شوند. ذوب و جابجایی مواد میلهٔ کنترل در ادامه توضیح داده می‌شود. اگر دمای فولاد ضدزنگ کمتر از دمای ذوب باشد، جابجایی ترکیب نقره-ایندیم-کادمیوم رخ نمی‌دهد. اگر لولهٔ هادی ذوب شود یا ترک بخورد، جاذب مذاب از طریق ترک ایجاد شده در لولهٔ هادی زیرکونیومی به صورت لایه‌ای بر روی سطح خارجی لولهٔ هادی جاری می‌شود. برخلاف جریان مذاب مخلوط U-O-Zr برای میلهٔ سوخت، معادلات مومنتوم و انرژی برای شرح انجماد ترکیب نقره-ایندیم-کادمیوم حل نمی‌شود. هنگامی که مواد مذاب به سطح پایین‌تر که دمای لولهٔ هادی در آنجا ۲۰۰ کلوین کمتر از دمای انجماد نقره-ایندیم-کادمیوم است می‌رسد، منجمد می‌شوند. به دنبال آن پس از گرمایش و ذوب فولاد ضدزنگ و آلیاژ زیرکونیوم، مواد مذاب داخل لولهٔ هادی بر روی زیرکونیوم اکسید شده به سمت پایین حرکت می‌کند و حجم‌های خالی ایجاد شده در اثر جابجایی ترکیب نقره-ایندیم-کادمیوم مذاب را پر می‌کند. مخلوط مذاب فولاد ضدزنگ و آلیاژ زیرکونیوم درون پوستهٔ اکسید زیرکونیوم ادامه می‌یابد تا اکسید زیرکونیم

[۱] - stainless steel

نیز ذوب شود. جریان به سمت پایین در کانال تا زمان انجماد آن و یا توقف در اثر شکست کانال در اثر مستغرق‌سازی[1] ادامه می‌یابد.

۲-۴-۳- کانال جریان

سازه‌های داخل قلب راکتور غیر از میله‌های سوخت و کنترل می‌توانند با استفاده از معادلات رسانش حرارتی پایه مدل شوند. تولید حرارت می‌تواند توسط کاربر تعیین شود و به اکسیدشدن وابسته باشد. سازه‌ها می‌توانند با لایه‌های چندگانه از مواد، و با لحاظ اکسیدشدن و جابجایی لایه‌های خارجی حاصل از ذوب تعریف شوند. لایه‌های آلیاژ زیرکونیوم با استفاده از سینتیک شرح داده شده در میله‌های سوخت اکسید شوند. حرکت آلیاژ زیرکونیوم مذاب به سمت پایین قابل مدل شدن است. اما معادلات نرخ اکسید شدن باید توسط کاربر تعیین شوند و جابجایی مواد یا تغییر هندسی لحاظ نمی‌شود.

۲-۴-۴- میلهٔ شبیه‌ساز

میلهٔ شبیه‌ساز در آزمایش‌ها برای شبیه‌سازی رفتار میله‌های سوخت طی سناریوی حادثه وخیم استفاده می‌شود. این میله به صورت الکتریکی توسط سیم تنگستن در مرکز آن گرم می‌شود. مدل این میله، پاسخ حرارتی، مکانیکی و شیمیایی در حوادث وخیم را محاسبه می‌کند. این مدل تولید گرمای الکتریکی، توزیع دما، اکسیدشدن غلاف زیرکونیومی و اعوجاج و ذوب سوخت را لحاظ می‌کند. تولید گرمای الکتریکی به همراه گرمای حاصل از اکسیدشدن غلاف، دمای میله را تعیین می‌کند. دمای میله به روش مشابه میلهٔ سوخت محاسبه می‌شود. اعوجاج غلاف مبتنی بر مدل‌های مکانیکی مشابه میلهٔ سوخت است.

۲-۴-۵- مدل تیغهٔ کنترل راکتور آب جوشان

تحلیل آزمایش‌های DF-4 و CORA نشان می‌دهند که اثرات واکنش‌های فولاد ضدزنگ/کاربید بور مانند واکنش‌های فولاد ضدزنگ/آلیاژ زیرکونیوم برای پیش‌بینی صحیح جابجایی تیغه‌های کنترل باید لحاظ شوند. ذوب تیغه‌های سوخت در سطوح داخلی تیغه‌های جاذب، جایی که فولاد ضدزنگ با کاربید بور واکنش می‌دهد، شروع می‌شود. تیغه‌های جاذب در دمایی که کمتر از دمای ذوب فولاد ضدزنگ خالص است، ذوب می‌شوند. پس از حرکت به سمت پایین فولاد مذاب باعث انسداد بین

[1] - Reflood

تیغه‌های کنترل و کانال جریان و واکنش با آلیاژ زیرکونیوم می‌شود. کانال از جنس آلیاژ زیرکونیوم در مجاورت گرفتگی فولاد باعث ایجاد مخلوط یوتکتیک و ویرانی در دمایی بسیار پایین‌تر از دمای ذوب آلیاژ زیرکونیوم خالص می‌شود.

۲-۴-۶- مدل میلهٔ کنترل کاربید بور

مدل میلهٔ کنترل کاربید بور در کد برای برخی راکتورهایی که از میله‌های کنترل استوانه‌ای کاربید بور استفاده می‌کنند، در نظر گرفته شده است. مدل این میله مشابه مدل میلهٔ کنترل نقره-ایندیم-کادمیوم است با این تفاوت که در محاسبات آن خواص کاربید بور به کار رفته است.

۳- راهنمای کاربر

۳-۱- قالب ورودی

ساختار ورودی کد SCDAP/RELAP5 به طور سنتی متشکل از سه قالب مختلف (شمارهٔ کارت RELAP5، ورودی بدون قالب SCDAP و ورودی با قالب ثابت COUPLE) است. از آنجا که ورودی SCDAP بدون قالب و با فرمت آزاد است، قابلیت چک کردن ورودی یا بازیابی خطا در مرحلهٔ پردازش ورودی وجود ندارد. ورودی COUPLE باید از سمت راست در ستون‌های مشخص تنظیم شود. این شرایط برای ورودی باعث می‌شود چک کردن ورودی زمان‌بر، آشفته و غیرقابل اعتماد شود. درحالی که ورودی مبتنی بر شمارهٔ کارت در RELAP5 انعطاف‌پذیری بیشتری در چک کردن ورودی دارد و معمولاً کاربران با آن قالب آشنایی بیشتری دارند، کل ورودی کد SCDAP/RELAP5 به ورودی با قالب مبتنی بر شمارهٔ کارت از نوع RELAP5 تبدیل شده است.

همانطور که در بخش‌های پیشین عنوان شد، ورودی کد در سه مرحله پردازش می‌شود:

۱. بازتاب ورودی
۲. پردازش کارت (پردازش سطح R)
۳. پردازش مقداردهی اولیه (پردازش سطح I)

در مرحلهٔ اول، ورودی به فایل خروجی منعکس می‌شود و کارت‌های با شمارهٔ تکراری شناسایی می‌شوند. در مرحلهٔ دوم کارت‌ها خوانده می‌شوند و هرجا ممکن باشد محدودهٔ پایهٔ آنها چک می‌شود تا اطمینان از در محدودهٔ فیزیکی مجاز بودن متغیرها حاصل شود. در این مرحله کد تنها قادر است چک اولیه ورودی را انجام دهد که در آن اطلاعات در هر کارت مورد

بررسی در دسترس است. در مرحلهٔ سوم بررسی بسیار کلی‌تری انجام می‌شود و کد قادر به ارزیابی ارتباطات بین کارت‌ها است.

به طور کلی حداقل برای همه ورودی، چهار بررسی به طور مقایسه‌ای انجام می‌شود:

۴. محدوده‌های فیزیکی کد مانند بیشتر نبودن شعاع قرص سوخت از شعاع داخلی غلاف،
۵. سازگاری ورودی مانند پاک شدن یک گره شعاعی در فصل مشترک دو ماده،
۶. تعداد پارامترها در یک کارت،
۷. نوع متغیرها.

در صورتی که در هر یک از موارد فوق خطایی یافت شود، پردازش ورودی متوقف نمی‌شود.

۳-۲- تهیه ورودی

اطلاعات در ورودی بر اساس شماره کارت دریافت می‌شود که این شماره در ابتدای هر کارت تعیین می‌شود. برای هر شماره کارت، کد پارامترهای ورودی تعیین شده در راهنمای کاربر با نوع عدد اعشاری، عدد صحیح و کاراکتر را دریافت می‌کند. در هر کارت پارامترهای ورودی باید با نوع تعیین شده و به صورت فاصله دار (حداقل یک فاصله) تعیین شوند. اگر یک شماره کارت تکرار شود، کد اطلاعات آخرین کارت تکرار شده را در نظر می‌گیرد. ترتیب کارت‌ها در ورودی قید خاصی ندارد ولی رعایت نظم کارت‌ها در ورودی توصیه می‌شود. نوعاً ورودی‌های کدهای INEEL با کارت‌های عنوان، کارت‌های کنترل مسأله و کنترل گام زمانی شروع می‌شوند. پس از آنها کارت‌های ویرایش خروجی، مشخصات تریپ، اجزای هیدرودینامیکی، جدول‌های داده‌های ورودی سازه‌های حرارتی، متغیرهای کنترل و مشخصات سینتیک راکتور قرار می‌گیرند. عموماً شمارهٔ کارت‌ها در یک ترتیب افزاینده منظم می‌شوند. یک ورودی خوب شامل کارت‌های پیام توضیحات است که تفسیر اطلاعات آن را تسهیل می‌کند. کارت‌های پیام در ورودی با کاراکتر * در ابتدای خط تعیین می‌شوند.

زیربرنامه‌های بررسی ورودی، قابلیت‌های عالی در تشخیص شرح خطا دارند. همهٔ خطاهای ورودی منجر به تولید پیام‌های توضیح خطا در خروجی می‌شوند. وجود خطا در ورودی منجر به عدم اجرای مسأله و صدور علت توقف مسأله در خروجی می‌شود.

برای اجرای مسأله ابتدا مدل کامل مسأله در یک فایل جمع می‌شود و سپس بر اساس کارت ۱۰۰ در حالت گذرا یا پایا اجرا می‌شود. معمولاً یک ورودی جدید حاوی خطاهای ورودی بسیاری است، بنابراین اجرای آن منجر به تولید یک سری پیغام‌های

خطا خواهد شد. طبیعی است که یک خطای واقعی منجر به تولید پیغام‌های خطای متعدد می‌شود. بر این اساس، لیست پیغام‌های خطای ایجاد شده بیشتر از خطاهای واقعی در مدل است. به عبارت دیگر با برطرف کردن یک خطا، خطای ناشی از آن نیز مرتفع خواهند شد. این فرایند منجر به یکی از حالت‌های زیر می‌شود:

- پیغام خطا مشخصاً یک خطای موجود در ورودی را نشان می‌دهد و راه حل آن مشخص است،
- پیغام خطا در اثر وجود یک خطای قبلی ایجاد شده است و انتظار می‌رود با برطرف کردن خطای پیشین، این خطا نیز مرتفع شود،
- دلیل صدور پیغام خطا مشخص نیست.

در عمل پیغام‌های خطا بسیار آگاه کننده هستند و خطاهای ورودی واقعی برای تحلیل‌گر روشن هستند. به عنوان یک حساب سرانگشتی تنها حدود یک سوم پیغام‌های خطای تولید شده در اثر خطاهای واقعی در ورودی تولید شده‌اند. بقیهٔ پیغام‌های خطا، خطاهای ثانویه ناشی از خطاهای واقعی هستند. فرایند تکراری رفع خطا و اجرای مجدد کد، به سرعت منتج به رفع همهٔ خطاهای ورودی می‌شود. تجربه نشان می‌دهد که یک ورودی بزرگ که با دقت متوسط تهیه شده است با ۵ بار تکرار فرایند رفع خطا و اجرای کد، قابل اجرا می‌شود.

همهٔ پیغام‌های خطاهای ورودی با عبارت ۸ ستاره (********) آغاز می‌شوند و با جستجوی این عبارت می‌توان در فایل خروجی پیغام‌های خطا را یافت. با برطرف کردن خطاهای ورودی پیغام Input processing completed successfully در خروجی صادر می‌شود. کاربر باید توجه کند که ممکن است که در یک فایل خروجی پیغام خطا نباشد، اما ممکن است حاوی پیغام‌های اخطار با علامت ($$$$$$$$) وجود داشته باشد. اگرچه این پیغام‌ها مربوط به خطاهای جدی نیستند اما ممکن است در یافتن خطاهای دیگر کمک کننده باشند.

پردازش ورودی به چند بخش تقسیم می‌شود. بر اساس طبیعت خطای یافته شده، ممکن است اجرای کد قبل از اتمام یک مرحله قبل از اتمام روند خطایابی متوقف شود. در این حالت، تنها پیغام‌های خطای مربوط به بخش‌هایی که چک شده‌اند، ظاهر خواهند شد. پس از رفع این خطاها و ورود فرایند پردازش ورودی به مرحله بعدی، ممکن است تعداد خطاها افزایش یابد. به عبارت دیگر، کاربر باید توجه کند که در این فرایند تکراری خطایابی و اجرای کد، تعداد پیغام‌های خطا ممکن است به صورت یکنواخت کاهش نیابد.

۳-۳- اجرای مسأله

هنگامی که پردازش ورودی پایان یافت، مقداردهی اولیه توسط کد انجام می‌شود که برای زمان صفر برای مسأله‌های از نوع NEW و زمان تعیین شده در فایل‌های پیشین در مسأله‌های از نوع RESTART در نظر گرفته می‌شود.

۳-۳-۱- انتخاب گام زمانی و ویرایش خروجی

کنترل اجرای مسأله با گزینه‌های کارت‌های ۲۰۱ تا ۲۹۹ انجام می‌شود. در این کارت‌ها اندازهٔ گام زمانی و بازه‌های زمانی چاپ پارامترهای خروجی در فایل خروجی، تعیین می‌شوند. در کارت ۲۰۱ زمان پایان بازهٔ زمانی اول، در کارت ۲۰۲ زمان پایان بازهٔ زمانی دوم و به همین ترتیب سایر کارت‌ها تعیین می‌شود. تقسیم‌بندی زمان مسأله به بازه‌های زمانی با گام زمانی مختلف بهبود اجرای برنامه بر اساس فیزیک مسأله را تسهیل می‌نماید. برای مثال، بسته شدن یک شیر یا توقف پمپ که ممکن است سرعت محاسبات را کاهش دهد را می‌توان با تقسیم‌بندی بازه‌های زمانی (قبل، هنگام و بعد از وقوع بسته شدن شیر و یا توقف پمپ) با گام‌های زمانی مختلف بهینه مدل نمود. با رسیدن محاسبات به زمان پایان آخرین بازهٔ زمانی در کارت‌های ۲۰۱ تا ۲۹۹ اجرای برنامه متوقف می‌شود.

برای هر بازهٔ زمانی گام زمانی بیشینه و کمینه تعیین می‌شود. کد سعی می‌کند مسأله را در گام زمانی بیشینه اجرا کند. در ابتدا کد مقدار بیشینه را برای گام زمانی انتخاب می‌کند. اندازهٔ گام زمانی به صورت خودکار بر اساس چند تست، کاهش می‌یابد و از حد کورانت مواد تجاوز نمی‌شود. خطاهای جرم، خواص سیال، کیفیت و برون‌یابی در محاسبات هر سلول دنبال می‌شود و در صورتی که خطاها به حد از پیش تعیین شده برسند، گام زمانی کاهش می‌یابد.

کاهش گام زمانی بر اساس تقسیم متوالی اندازه گام زمانی بر ۲ است تا اینکه مقدار خطاها در محدودهٔ قابل قبول قرار گیرد، یا به اندازهٔ گام زمانی کمینه برسد و یا خطای عدم همگرایی حاصل شود. پدیده‌هایی که اثرات بیشتری در تحلیل حادثه وخیم دارند مانند انتقال حرارت تشعشع، می‌توانند برای کد چالش‌زا باشند. این پدیده‌ها می‌توانند کد را مجبور به تکرار اصلاح گام زمانی کنند.

۳-۴- متغیرهای رسم شکل

یکی از منابع اولیه برای کاربر کد فایل شکل‌ها است. یکی از قابلیت‌های کد رسم پارامترها از فایل restart/plot است که با کارت ۲۰۸ تعریف می‌شود.

۳-۵- نکاتی در مورد مدل انتشار ویرانی فاز تأخیری

عدم قطعیت‌های موجود در مدل‌های رشد ویرانی فاز تأخیری، مطالعات همبستگی بر زمان‌های محاسبات ریزش استخر مذاب و ویرانی بخش پایینی را مفید می‌سازد. پارامترهای زیر در مدل دارای عدم قطعیت بالایی هستند:

- شدت و ترکیب مواد جامد شده‌ای که استخر مواد مذاب قلب را پشتیبانی می‌کند،
- دمای تکه تکه شدن میله‌های سوخت ترد شده‌ای که سرد شده‌اند،
- سطح جریان شکست حاصل از خزش در سیستم خطوط لوله،
- ترکیب مواد مذاب فروریخته،
- ضریب انتقال حرارت بین آوار و بخش پایین محفظهٔ راکتور.

برای هر یک از موارد فوق یک پارامتر توسط کاربر برای انجام یک سری تحلیل‌هایی برای حصول باند رفتار راکتور قابل تعریف است. در این بخش راهنمایی‌هایی برای محدودهٔ مقادیر این پارامترها به منظور محاسبه محدودهٔ رفتار راکتور ارائه می‌شود.

در کارت 40001100 در ورودی SCDAP یک متغیر عدد صحیح برای تخمین محدودهٔ زمانی ریزش استخر مذاب به بخش پایینی در نظر گرفته شده است. اگر این پارامتر برابر ۱ قرار داده شود، استخر مذاب زمان ریزش استخر مذاب به بخش پایین زمانی است که مواد در اطراف قلب ذوب شوند. در این گزینه، برای مواد جامد شده در محیط اطراف قلب مقاومتی برای نگهداشت استخر مذاب لحاظ نمی‌شود. این حالت ریزش زودهنگام را پیش‌بینی می‌کند. اگر مقدار این متغیر برابر صفر قرار داده شود، فرض می‌شود که پوستهٔ نگهدارندهٔ استخر مذاب همواره مقاومت لازم را دارد و تا زمانی که برخی نقاط در این پوسته در محاسبات ذوب شود، ریزش استخر مذاب صورت نمی‌گیرد. برای هر دو گزینه اگر ریزش صورت گیرد، در محاسبات ریزش همهٔ مواد مذاب در نظر گرفته می‌شود. فرض بر این است که نقطهٔ آغازین خرابی پوسته به اندازه‌ای عمق یافته است که اجازه خروج همه استخر مذاب را می‌دهد. این فرض و دو گزینه قابل تعریف برای رفتار ریزش مذاب در این کارت یک حل موقت است تا اینکه یک مدل برای محاسبات یکپارچگی پوسته تهیه شود.

فرض می‌شود که میله‌های سوخت ترد شده زمانی که دما به مقدار کمتر از دمای تکه تکه شدن تعیین شده توسط کاربر برسد، آغاز می‌گردد. دمای تکه تکه شدن توسط کاربر تعیین می‌شود، چراکه کد حاوی مدل مکانیکی تعیین زمان تکه تکه شدن نیست. در صورت تغییر دمای سریع هنگامی که نوع انتقال حرارت در سطح غلاف از جوشش فیلمی به جوشش هسته‌ای تغییر می‌کند، تکه تکه شدن میله‌های سوخت ترد شده بسیار محتمل است. تنش‌های حرارتی در غلاف در این

زمان بیشینه است. تخمین زده می‌شود که حد بالای باند دمای تکه تکه شدن هنگامی حاصل می‌شود که انتقال حرارت در سطح میله‌های سوخت در حال سرد شدن از رژیم جوشش فیلمی به جوشش گذار تغییر کند. تخمین زده می‌شود که حد پایین دمای تکه تکه شدن برابر دمایی که جوشش هسته‌ای رخ می‌دهد باشد که نزدیک دمای اشباع آب است. مکانیزم‌های دیگر برای تکه تکه شدن میلهٔ سوخت ممکن است وجود داشته باشد. در صورتی‌که کاربر مکانیزمی را در نظر داشته باشد، می‌تواند دمای متناسب با آن را برای این پدیده در ورودی تعیین کند. مقدار تعیین شده توسط کاربر برای دمای تکه تکه شدن اثری بر نتایج محاسبه شده برای حالتی که در حادثه وخیم که در آن میله‌های سوخت ترد شده به پایین‌تر از حد بالای دمای تکه تکه شدن سرد نمی‌شوند و یا حالتی که همهٔ میله‌های سوخت به دماهایی کمتر از حد پایین دمای تکه تکه شدن سرد می‌شوند، ندارد. اگر میله‌های سوخت با غلافی که بر اساس محاسبات تکه تکه شده است، به دمایی کمتر از دمای تکه تکه شدن سرد شود، آنگاه میله‌های سوخت به صورت آوار متخلخل در نظر گرفته خواهد شد.

سطح جریان یک شکست با ورودی RELAP5 در کارتی که شکست را تعریف می‌کند، مشخص می‌شود. اندازهٔ شکست، از ۲۵ درصد تا ۲۰۰ درصد سطح جریان لوله شکسته شده است. محاسبات شکست ناشی از خزش باید در ابتدا برای هر موقعیتی با احتمال خزش در سیستم خطوط لولهٔ راکتور درخواست شود. موقعیت‌های شکست ناشی از خزش در کارت 21000110 (بدون COUPLE) و 21000000 (با COUPLE) در RELAP5 تعریف می‌شود. سپس محاسبات، زمان و موقعیت اولین شکست ناشی از خزش را شناسایی می‌کند و محاسبات با یک شکست تعریف شده برای موقعیت شکسته شده در اثر خزش تکرار می‌شود.

وسعت فروریختن مواد از یک استخر مذاب ممکن است توسط کاربر تعیین شود و یا توسط مدل واکنش سوخت و خنک‌کننده در کد محاسبه شود. اگر جریان مواد مذاب در مسیر سالم باقی بماند، آنگاه گرما هنگام ریزش از مواد مذاب منتقل نمی‌شود. مواد مذاب فروریخته در بخش پایین محفظهٔ راکتور در همان دمایی می‌باشد که در استخر مذاب قرار داشت. علاوه براین، برای مواد فروریخته در بخش پایین، تخلخل در نظر گرفته نمی‌شود. در نتیجه، بخش پایین محفظهٔ راکتور ممکن است به سرعت داغ شود. اگر مواد مذاب هنگام عبور از آب خنک کننده به قطرات کوچک شکسته شود، آنگاه مواد مذاب هنگام رسیدن به بخش پایین محفظهٔ راکتور، سرد خواهد بود. علاوه بر این، در این حالت فرض می‌شود مواد دارای تخلخل باز است که می‌توان با آب پر شود. گرمای منتقل شده از قطرات کوچک مواد مذاب به آب ممکن است سبب افزایش قابل توجه در فشار در سیستم خنک‌کنندهٔ اولیه شود.

۳-۶- مدل گازهای چگالش‌ناپذیر

مدل گازهای چگالش‌ناپذیر با تعیین نوع گاز چگالش‌ناپذیر در کارت کنترلی ۱۱۰ و تعیین کیفیت آن در یک و یا چند حجم در کارت‌های مقادیر اولیه به کار گرفته می‌شود. مخلوط گازهای چگالش‌ناپذیر ممکن است با تعیین بیش از یک گاز در کارت ۱۱۰ و تعیین کسر جرمی‌های آنها در کارت ۱۱۵ تعیین شوند. باید توجه شود که تنها یک مخلوط گاز چگالش‌ناپذیر در مسأله قابل استفاده است. کسرهای هر نوع گاز در هر حجم کنترل هیدرودینامیکی ممکن است تغییر کند. همچنین مخلوط باید حاوی هیدروژن باشد. این به این معنی است که اگر نیتروژن در بخشی از سیستمی و هیدروژن در بخش دیگر سیستم حضور داشته باشند، آنگاه سیستم حاوی یک مخلوط نیتروژن و هیدروژن است که در یک موقعیت کسر نیتروژن ۱۰۰ درصد و کسر هیدروژن صفر و در موقعیت دیگر کسر نیتروژن صفر و کسر هیدروژن ۱۰۰ درصد است.

در مدل گازهای چگالش‌ناپذیر فرض می‌شود که گاز با فاز بخار دنبال می‌شود. علاوه براین، فرض می‌شود مخلوط بخار و گاز ایزوترمال (تعادل حرارتی بین بخار و گاز) است. برای مخلوط بخار و گاز یک فشار کلی محاسبه می‌شود؛ فشار جزئی بخار به صورت یک متغیر خروجی استاندارد در دسترس است.

۴- راهنمای حجم‌بندی

۴-۱- راهنمایی‌هایی برای حجم‌بندی قلب

الزامات حجم‌بندی قلب راکتور برای تحلیل یک حادثهٔ وخیم به طور قابل ملاحظه‌ای با الزامات مورد نیاز برای تحلیل هیدرولیکی سادهٔ مقایسه‌ای متفاوت است. در بخش‌های قبل دلایل مناسب نبودن تحلیل یک یا دو کانال که تحلیل پدیده‌های ترموهیدرولیکی موفقی دارد، برای پدیده‌های مرتبط با فاز پایانی حادثه وخیم ارائه شد.

حجم‌بندی قلب به ۵ لایه شعاعی و ۱۰ تا ۲۰ گره محوری، برای مدل‌سازی رفتار قلب طی رشد ویرانی در فاز نهایی مناسب است. تحلیل حساسیت انجام شده در مرجع ۱۹ بخش چهارم جلد سوم راهنمای کد، نشان می‌دهد که زمان ریزش استخر مذاب ممکن است در حالت استفاده از ۲۰ گره محوری ۷ درصد دیرتر اتفاق می‌افتد. همچنین این مطالعه نشان می‌دهد که اگر از شکست خط اتصال فشارنده (در حالت فشار بالا) صرف‌نظر شود، استفاده از ۳ لایهٔ شعاعی به جای ۵ لایه منجر به نتایج نادرست برای موقعیت ویرانی در قلب در شروع رشد ویرانی فاز پایانی می‌شود. هر لایهٔ شعاعی قلب باید حاوی یک جزء SCDAP برای نشان دادن میله‌های سوخت در آن لایه و یک جزء SCDAP برای تیغه‌ها و میله‌های کنترل باشد. برای راکتورهای آب تحت فشار هر لایهٔ شعاعی باید یک حجم کنترل RELAP5 نشان‌دهندهٔ سیال در این لایه باشد. برای

راکتورهای آب جوشان هر لایهٔ شعاعی باید حاوی دو حجم کنترل RELAP5 باشد که یکی نشان‌دهندهٔ سیال عبوری از میان مجتمع‌های سوخت و دیگری نشان دهندهٔ سیال عبوری بین مجتمع‌های سوخت است. هر حجم کنترل RELAP5 باید به تعداد گره‌های محوری اجزای SCDAP تقسیم شود و زیرحجم‌ها باید تعداد حجم‌های محوری اجزای SCDAP را پوشش دهند.

۴-۲- نمونهٔ حجم‌بندی‌های خارج محفظهٔ راکتور

در این بخش حجم‌بندی نمونه برای راکتور تحت فشار ارائه می‌شود. هدف این بخش ارائهٔ توضیحاتی برای نحوهٔ حجم‌بندی خارج محفظهٔ راکتور که ممکن است برای تحلیل حوادث شکست کوچک و گذره‌های عملکردی مختلف مورد استفاده قرار گیرد، می‌باشد. کاربر باید توجه کند که یک مدل برای شبیه‌سازی همهٔ سناریوهای حوادث وجود ندارد و مدل‌سازی و حجم‌بندی به هر مسأله وابسته است.

بدلیل هزینه محاسباتی، شمار سلول‌های هیدرودینامیکی و گره‌های سازه‌های حرارتی عموماً باید کمینه شود. زمان مورد نیاز کامپیوتر برای اجرای یک مسأله تقریباً به طور کامل توسط شمار سلول‌های هیدرودینامیکی در مدل تعیین می‌شود. تعداد سازه‌های حرارتی عموماً دو برابر تعداد سلول‌ها است. بنابراین، یک معیار بهره‌وری اقتصادی با محدودسازی تعداد سلول‌های هیدرودینامیکی در مدل به دست می‌آید. با کمینه‌سازی تعداد نقاط گره در سازه‌های حرارتی نیز مزایایی حاصل می‌شود. محدود ساختن تعداد سایر اجزای مدل‌ها (مانند تریپ‌ها و متغیرهای کنترلی) تأثیر کمی بر کارایی اقتصادی دارد. عامل دیگری که کاربر را تشویق به استفاده از سلول‌های بزرگ محاسباتی می‌کند این است که هنگامی که سلول‌های کوچک استفاده می‌شود، اندازهٔ گام زمانی در اثر حد کورانت مواد کاهش می‌یابد. حد کورانت در مرجع ۱۲ بخش چهارم جلد سوم راهنمای کد توضیح داده شده است. این حد بر اساس نسبت طول سلول به سرعت سیال، گام زمانی را محدود می‌سازد.

فرایند کمینه‌سازی اندازه مدل باید همواره پدیده‌هایی را که بایستی مدل شوند، لحاظ کند. کمینه‌سازی نباید پدیده‌های مهم را از مدل حذف کند. این یک ملاحظهٔ پیچیده است، چراکه اهمیت پدیده‌ها از یک ناحیهٔ مدل به ناحیهٔ دیگر تغییر می‌کند و به شدت متأثر از حادثهٔ مورد نظر است. به عنوان مثال، نواحی مهم در مدل و پدیده‌های شبیه‌سازی برای حادثه شکست بزرگ و کوچک به شدت با یکدیگر متفاوتند، بنابراین مدل‌سازی مناسب برای این دو سناریو به شدت متفاوت است.

به طور خلاصه کاربر باید تعداد کمینهٔ سلول‌های هیدرودینامیکی و گره‌های محاسباتی سازه‌های حرارتی مورد نیاز برای محاسبهٔ پدیده‌های مهم برای سناریوی مورد نظر را انتخاب کند. این راهنمایی، یک مدل عمومی (مدلی که برای شبیه‌سازی انواع مختلف سناریوها به کار می‌رود) را پیشنهاد می‌کند که باید شامل جزئیات کافی برای پدیده‌های مورد انتظار باشد. اگر

پدیده‌های مهم قطعی نباشند، باید یک حجم‌بندی تفصیلی به کار رود. به طور معکوس اگر پدیده‌های مهم معلوم باشند، حجم‌بندی نواحی غیربحرانی قابل ساده‌سازی است. اگر زمان و هزینهٔ کافی در دسترس است، پیشنهاد می‌شود در ابتدا یک مدل عمومی از سیستم راکتور تهیه شود. سپس تحلیل با استفاده از مدل عمومی اطلاعات مورد نیاز برای تعیین اینکه چه ساده‌سازی‌هایی مناسب است را فراهم می‌آورد. بخش‌های بعدی راهنمایی‌های بیشتری در مورد اندازهٔ سلول‌های هیدرودینامیکی و سازه حرارتی ارائه می‌کنند.

۴-۲-۱- اندازه سلول هیدرودینامیکی خارج محفظهٔ راکتور

بدلایل اقتصادی باید اندازهٔ سلول‌های هیدرودینامیکی بزرگ انتخاب شود. اما در هر ناحیه از مدل، جزئیات محاسبات سلول‌ها برای شبیه‌سازی پدیده‌های ترموهیدرولیکی محلی مهم باید کافی باشد. برای شروع، طول سلول‌ها برای حجم‌های خارج از محفظهٔ راکتور از ۱ تا ۳ متر (۳ تا ۱۰ فوت) در نواحی فشارنده و مولد بخار پیشنهاد می‌شود. سلول‌های بلندتر برای نواحی با اهمیت کمتر مدل مانند خط آب تغذیه و خط بخار مناسب هستند. اندازهٔ سلول‌های ارائه شده در این موقعیت‌ها به عنوان راهنما برای مدل‌سازی راکتورهای آب سبک قابل استفاده هستند. برای کاربردهای کاملاً جدید یا جایی که نتایج محاسبات ممکن است به صورت تجربی حساس به حجم‌بندی مدل هستند، مطالعه همگرایی برای حصول اطمینان از مناسب بودن حجم‌بندی توصیه می‌شود.

تمرین مدل‌سازی خوب شامل آمیزهٔ گذار از نواحی با سلول‌های کوچک به نواحی با سلول‌های بزرگ است. برای این ترکیب پیشنهاد می‌شود که حجم‌های سلول‌های مجاور بیش از اندازه تغییر نکند.

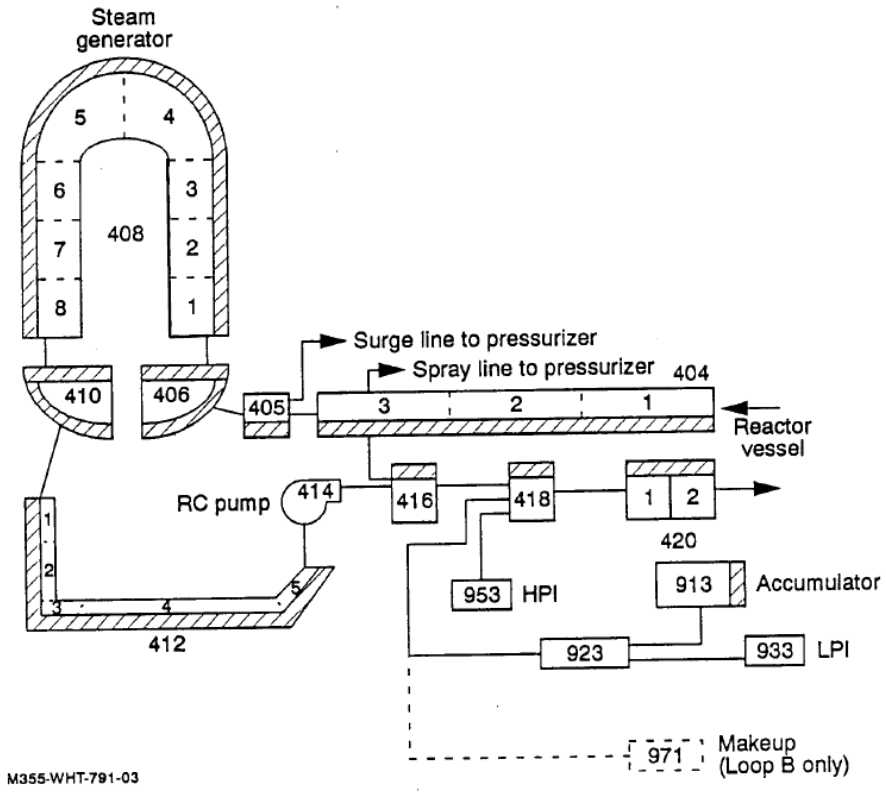
ملاحظات دیگری که انتخاب اندازه را تحت تأثیر قرار می‌دهند شامل موقعیت‌های مرزهای طبیعی، اتصالات جریان و تجهیزات داخل سیستم سیال مورد نظر است. تمرین مدل‌سازی خوب شامل قرار دادن اتصالات در مرزهای طبیعی سیستم سیال و موقعیت‌های افت جریان مانند صفحات نگهدارنده، شبکه‌های ثابت‌کننده میله‌های سوخت در مجتمع، زانویی‌ها و اوریفیس‌ها است. با استفاده از این الگو افت جریان در موقعیت صحیح با توجه به حجم‌های سیال قرار داده می‌شود. به دلیل مشابه، قرار دادن اتصالات در نقاط اتصال جریان، انتخاب شایسته‌ایست. انتخاب اندازهٔ سلول نیز باید قرارگیری اجزای مدل در موقعیت‌های واقعی مسأله مورد نظر مانند قرارگیری یک سلول در مرکز موقعیت، اندازه‌گیری فشار و یا قرارگیری یک اتصال در محل اندازه‌گیری جریان را لحاظ کند. این انتخاب استفاده از خروجی کد را به دلیل اینکه مقدار محاسبه شده و مقدار اندازه‌گیری شده مستقیماً بدون تلاش اضافه قابل مقایسه هستند را آسان می‌سازد.

۴-۲-۲- حجم‌بندی بخش اولیهٔ مولد بخار

در این بخش حجم‌بندی بخش اولیهٔ دو نوع مولد بخار ارائه شده است، مولد بخار U شکل (UTSG) و مولد بخار یکبار گذر (OTSG).

۴-۲-۲-۱- حجم‌بندی مولد بخار U شکل

حجم‌بندی استاندارد برای یکی از مدارهای اولیه در شکل ۸ نشان داده شده است. لولهٔ ۴۰۸ چندهزار لولهٔ مولد بخار را مدل می‌کند. نشان دادن لوله‌های بخش اولیه مولد بخار با ۸ سلول حجم‌بندی است که بین هزینه و صحت، تعادل برقرار می‌کند. این مدل ممکن است جزئیات کافی برای پدیده‌های خنک‌سازی معکوس را در بر نداشته باشد و در اثر آن سطح آب ثانویه را کاهش دهد.



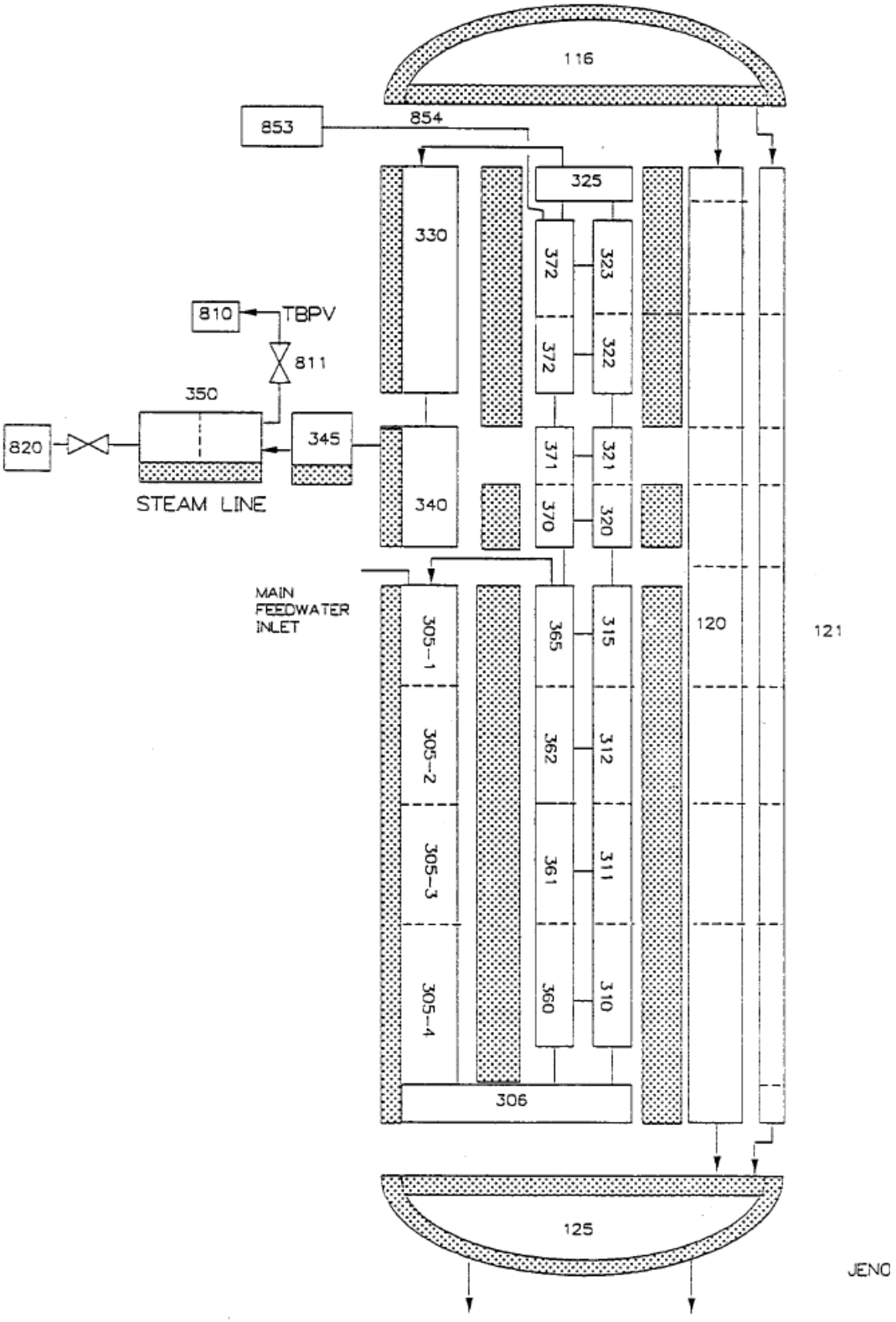
شکل ۸: حجم‌بندی مدار خنک‌کننده بخش اولیه

۴-۲-۲-۲- حجم‌بندی مولد بخار یکبارگذر

این مولد بخار یک مبدل حرارتی با جریان مخالف است که از لوله‌های مستقیم استفاده می‌کند. حجم‌بندی استاندارد این مولد بخار در شکل ۹ نشان داده شده است. جزء ۱۱۶ و ۱۲۵ بخش ورودی و خروجی مولد بخار را نشان می‌دهند. سازه‌های حرارتی یک‌طرفه، سازه‌های فلزی مانند دو انتهای مولد بخار و صفحات لوله‌ها را نشان می‌دهند. خنک‌کنندهٔ راکتور از میان

لوله‌ها به سمت پایین حرکت می‌کند. لوله‌های ۱۲۰ و ۱۲۱ با ۸ سلول بخش اولیهٔ لوله‌ها را نشان می‌دهد. لولهٔ ۱۲۰ و ۱۲۱ به ترتیب ۹۰ و ۱۰ درصد لوله‌های مولد بخار را شامل می‌شوند. سازه‌های حرارتی دوطرفه، دیواره‌های سلول را مدل می‌کنند.

در بخش ثانویه ناحیه پایین‌ریز با چهار سلول لولهٔ ۳۰۵ مدل می‌شوند. آب تغذیه اصلی در بخش بالایی پایین‌ریز وارد می‌شود. سازه‌های حرارتی یک‌طرفه، پوسته مولد بخار و جداکننده بین پایین ریز و ناحیه جوشش را مدل می‌کنند. انشعاب ۳۰۶ ناحیهٔ پایین را مدل می‌کند که در آن جهت جریان از رو به پایین به جریان رو به بالا تغییر می‌کند.



شکل ۹: نمونهٔ حجم‌بندی مولد بخار یکبار گذر

در شکل ۹ ناحیهٔ جوشش به دو مسیر جریان موازی تقسیم شده است که ۹۰ و ۱۰ درصد جریان را شامل می‌شود. این دو ناحیه به صورت عرضی با هم ارتباط دارند. اجزای ۳۱۰ تا ۳۲۳ ناحیه ۹۰ درصدی و اجزای ۳۶۰ تا ۳۷۲ ناحیهٔ ۱۰ درصدی

را نشان می‌دهند. مدل تقسیم کردن ناحیه جوشش به دو ناحیه برای مدل‌سازی پدیده‌های محتمل در زمان تزریق آب تغذیه اضطراری پیشنهاد می‌شود. این تزریق در اتصال ۸۵۴ صورت می‌گیرد و به صورت شعاعی به سمت دسته لوله جریان می‌یابد. به دلیل اینکه مولد بخار یکبار گذر حاوی بیش از ۱۵۰۰۰ لوله است، آب تغذیه اضطراری تنها بخش کوچکی از لوله‌ها را تر می‌کند که در اطراف دسته لوله قرار دارند. با سقوط آب تغذیه اضطراری به پایین و برخورد با صفحه نگهدارنده، به سمت داخل دسته میله هدایت می‌شود. تقسیم ناحیه جوشش به دو ناحیه ۹۰ و ۱۰ درصدی و نیز برقراری جریان عرضی بین این دو کانال، باعث نزدیک شدن مدل جریان سیال هنگام تزریق آب تغذیه اضطراری می‌شود.

جریان‌های عبوری از کانال‌های موازی در بالای ناحیه جوشش در انشعاب ۳۲۵ مخلوط می‌شوند و از مولد بخار از مسیر اجزای ۳۳۰ و ۳۴۰ خارج می‌شوند.

به دو دلیل مدل‌سازی رفتار مولد بخار یکبار گذر بسیار مشکل است. دلیل اول این است که طیف کاملی از پدیده‌های انتقال حرارت بین دیوارهٔ لوله‌ها و بخش ثانویه مولد بخار تجربه می‌شود، تا اینکه جریان به بالای لوله‌ها برسد. در بخش پایین لوله‌ها انتقال حرارت مادون سرد به سیال برقرار است. با حرکت به سمت بالا سیال به حالت اشباع رسیده و به جوشش در می‌آید. برای پیش‌گرمایش آب تغذیه بخشی از بخار از طریق زیرکش نزدیک بویلر میانی وارد پایین‌ریز می‌شود که با اتصالات بین اجزای ۳۶۵ و ۳۰۵ در شکل ۹ مدل شده است. در بخش بالاتر در لوله‌ها، قطرات باقی‌مانده تبخیر شده و بخار به صورت قابل توجهی فوق داغ می‌شود. دلیل دوم این است که برداشت حرارت در این مولدهای بخار به سطح آب بخش ثانویه بسیار حساس است. با افزایش سطح آب، سطح بیشتری از لوله‌ها انتقال حرارت مؤثرتری (به دلیل جوشش) نسبت به انتقال حرارت غیرمؤثر (در اثر جابجایی به فاز بخار) خواهند داشت. علاوه براین، حساسیت برداشت حرارت به سطح آب در حالت کارکرد عادی نیز وجود دارد، درحالی که این مسأله در مولدهای بخار U شکل تنها در حوادثی که شامل کاهش شدید سطح آب در بخش ثانویه هستند، مهم است.

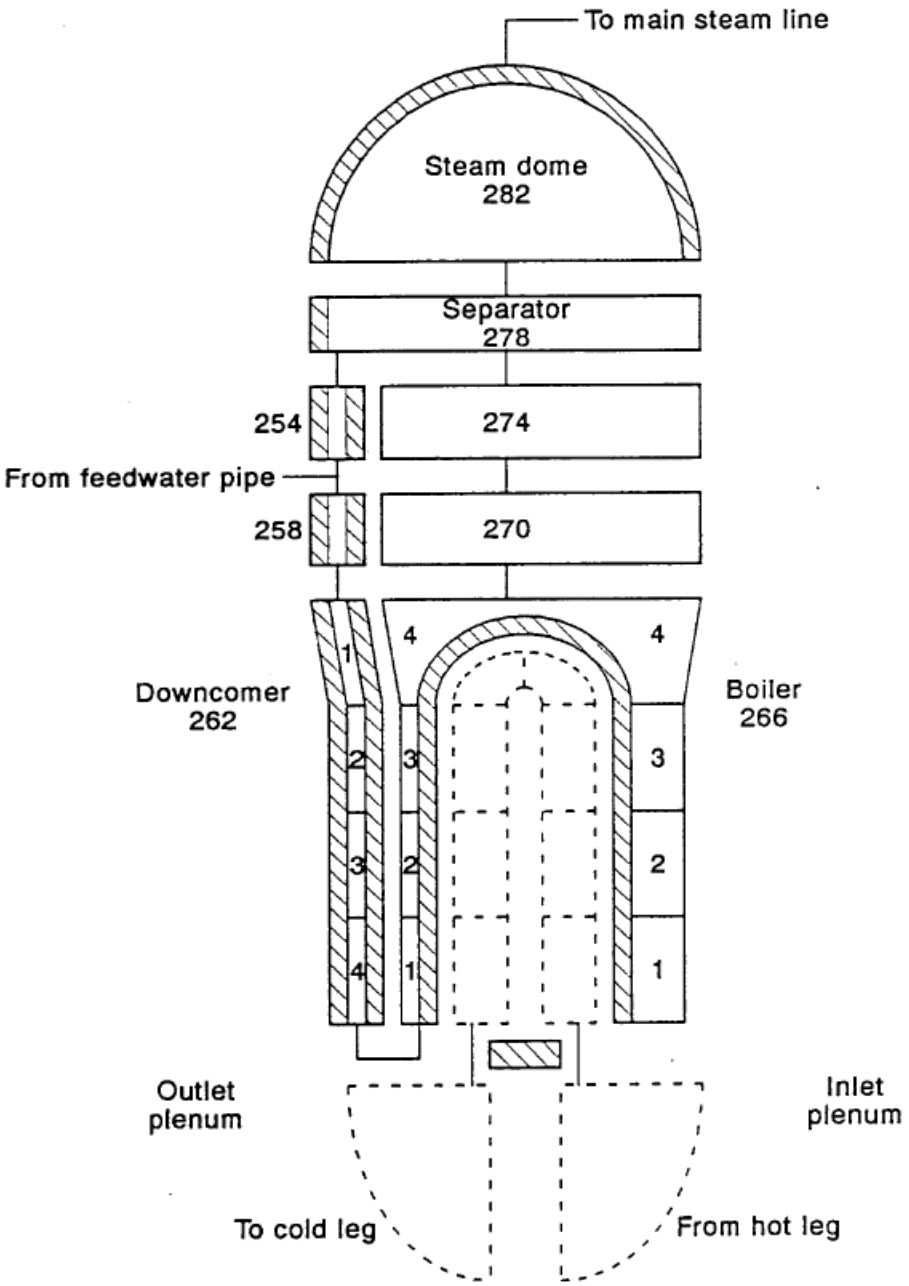
حجم‌بندی ارائه شده برای شبیه‌سازی عملکرد حالت عادی تأیید شده است. سختی به دست آوردن مدل مناسب مولد بخار تا حدودی به حجم‌بندی وابسته است. در مدل با عبور سطح آب ثانویه از مرز حجم‌ها، در انتقال حرارت کل یک پرش گسسته ایجاد می‌کند. این تغییرات اغلب باعث می‌شود مدل ناپایدار شود و بین دو حالت مختلف حل برای دو سطح آب مختلف نوسان کند. ریز کردن حجم‌های محوری ممکن است این نوسانات را ملایم سازد، اما مجاورت سطح آب به مرزهای سلول‌ها اغلب بسیار مهم‌تر از اندازهٔ سلول است.

۴-۲-۳- حجم‌بندی بخش ثانویهٔ مولد بخار

حجم‌بندی استاندارد برای بخش ثانویه مولد بخار U شکل، در شکل ۱۰ نشان داده شده است. در بخش ثانویه آب تغذیهٔ اصلی وارد پایین‌ریز مولد بخار در انشعاب ۲۵۸ می‌شود و با جریان سیال بازگردانده شده از جداکننده (جزء ۲۷۸) از انشعاب ۲۵۴ مخلوط می‌شود و از طریق جزء ۲۶۲ به قسمت جوشش (لولهٔ ۲۶۶) وارد می‌شود. حجم‌بندی محوری باید با توجه به نواحی لوله‌های بخش اولیه، قسمت جوشش و ناحیه پایین‌ریز انجام شود. استفاده از چهار سلول هیدرودینامیکی محوری در ناحیه جوشش مناسب است. اما ممکن است برای شبیه‌سازی پدیده‌های مرتبط با حالت سرمایش بازگشتی و شرایط خالی شدن بخش ثانویهٔ مولد بخار، حجم‌بندی ریزتری از ناحیه جوشش لازم باشد. کارایی مولد بخار کلی وابسته به شبیه‌سازی صحیح نسبت گردش (نسبت نرخ جریان در ناحیهٔ جوشش به نرخ جریان آب تغذیه/بخار) است، چراکه این نسبت فرایند انتقال حرارت در خارج لوله‌ها را کنترل می‌کند. افت‌های جریان ناشی از نگهدارنده‌های افقی در ناحیه دسته لوله اغلب به خوبی تعیین نمی‌شود. بنابراین، اگر تطابق قابل قبولی با نسبت گردش برقرار نباشد، تنظیم افت‌های شکل ورودی در ناحیهٔ جوشش ممکن است کارساز باشد.

مخلوط دوفاز خروجی از ناحیهٔ جوشش از طریق نواحی میانی مولد بخار که شامل انشعاب‌های ۲۷۰ و ۲۷۴ است جریان می‌یابد. برای جداکننده مدل ایده آل در نظر گرفته شده است و شامل سه حالت عملکردی است که توسط کسر حجمی بخار در جداکننده تعیین می‌شود. کسرهای حجمی که این حالت‌ها را تعیین می‌کنند، توسط کاربر وارد می‌شوند. در کسرهای حجمی کوچک، مدل جداکننده مانند یک انشعاب ساده است که اجازه می‌دهد مایع به بخش بالای مولد بخار (انشعاب ۲۸۲) جریان یابد. در کسرهای حجمی بالا نیز جداکننده مانند یک انشعاب ساده عمل می‌کند و اجازه می‌دهد بخار از طریق مسیر بازگشت مایع به پایین‌ریز جریان یابد. در کسرهای حجیم میانی یک فرایند ایده‌آل جداسازی در نظر گرفته می‌شود که در آن همه مایع به پایین‌ریز بازگردانده شده و بخار به بخش بالایی ارسال می‌شود.

کاربر باید به دقت ارتفاع انتخابی برای جداکننده را در نظر بگیرد. در مدل مولد بخار جداسازی بر اساس کسر حجمی در حجم جداکننده انجام می‌شود که ارتفاع‌های بالا و پایین آن توسط کاربر تعیین می‌شود. در واقعیت و در یک نیروگاه جداسازی از دو مرحله تشکیل شده است که در دو ارتفاع مختلف قرار دارند. بنابراین مدل باید در بهترین حالت تطابق با فرایندهای جداسازی واقعی باشد. انتخاب ارتفاع جداکننده و حدود کسر حجمی تعیین می‌کند که چه زمانی با کاهش سطح مخلوط در بخش ثانویه گردش جریان متوقف شود.



شکل ۱۰: حجم‌بندی بخش ثانویه مولد بخار

سازه‌های حرارتی به کار رفته در مدل نشان دهندهٔ لوله‌های مولد بخار، پوستهٔ استوانه‌ای و گنبد نیم‌کره‌ای، پوشش استوانه‌ای جداکننده نواحی جوشش و پایین‌ریز و بخش‌های داخلی نواحی جداکننده و گنبد مولد بخار هستند.

اغلب، حصول تطابق با شرایط حداکثر توان مولد بخار مشکل است. چراکه محاسبه ضریب انتقال حرارت در سطح خارجی لوله‌های مولد بخار به جای اینکه بر روابط حاوی اثر جریان‌های چرخشی در ناحیهٔ دسته لوله مبتنی باشد، بر روابط عمومی لولهٔ عمودی مبتنی است. الگوی جریان چرخشی در اثر نگهدارنده‌های افقی لوله‌ها ایجاد می‌شود که جریان را در میان دسته

لوله به جای عبور در جهت محوری، به جهت جانبی هدایت می‌کند. نادیده گرفتن این حالت در کد باعث می‌شود دمای اولیه بالاتر محاسبه شود. تا زمانی که این اثر در کد اصلاح نشده باشد، پیشنهاد می‌شود که کاربر ضریب انتقال حرارت سطح خارج لوله‌ها را تنظیم نماید، تا اختلاف موجود تعدیل شود.

برای این تنظیم پیشنهاد می‌شود که قطر معادل گرم شده ورودی در کارت‌های سازه‌های حرارتی برای سطح خارجی لوله‌ها کاهش یابد. پیشنهاد می‌شود به جای استفاده از قطر هیدرولیکی ناحیهٔ جوشش به عنوان قطر گرم شده، مقدار کمینه فضای بین دو لوله (فاصلهٔ بین خارج یک لوله تا خارج لولهٔ مجاور) استفاده شود. اگر کاربر این پشنهادات را رعایت نکند، تعدیل کردن یک پارامتر مهم مانند استفاده از فشار ثانویه کمتر، دمای اولیه بالاتر و یا دمای آب تغذیه کمتر برای شبیه‌سازی حالت عملکردی حداکثر توان مولد بخار ضروری است.

۴-۲-۴- حجم‌بندی پمپ خنک‌کننده

در شکل ۸ نمایی از مدل پمپ در حجم‌بندی مدار اولیه نشان داده شده است. لولهٔ ۴۱۲ پایهٔ سرد مکش پمپ را نشان می‌دهد. برای حصول اطمینان از صحت شبیه‌سازی رفتار در ناحیهٔ بین خروجی مولد بخار و ورودی پمپ، سلول ۴ از این لوله به صورت افقی در نظر گرفته شده است. این حالت، شکل‌گیری جریان‌های لایه-لایه افقی را ممکن می‌سازد. سلول‌های ۱، ۲، ۳ و ۵ از لولهٔ ۴۱۲ سلول‌های عمودی محاسباتی کافی برای شبیه‌سازی شکل‌گیری سطوح سیال در این ناحیه و نیز پدیدهٔ محدودکنندهٔ جریان مخالف را فراهم می‌سازد.

خروجی پمپ با انشعاب‌های ۴۱۶ و ۴۱۸ و لولهٔ ۴۲۰ مدل‌سازی شده است. این حجم‌بندی برای شبیه‌سازی لایه لایه‌ای شدن افقی سیال داخل خط لولهٔ سرد طی حوادث شکست مناسب است. این مدل همچنین شیبه‌سازی صحیحی از توزیع دمای سیال در این ناحیه فراهم می‌سازد. اتصال بین انشعاب‌ها به گونه‌ای قرار داده شده‌اند که تزریق سیستم اضطراری به صورت صحیح مدل شده است. کاربر باید در نظر داشته باشد که جریان سیال در کد SCDAP/RELAP5 یک بعدی است و بنابراین قادر به مدل‌سازی پدیدهٔ لایه لایه شدن حرارتی سیال به صورت لایه سرد و گرم در یک لوله نیست، اگرچه مدل ممکن است جابجایی تودهٔ سیال سرد سیستم اضطراری را به قلب راکتور مشاهده کند. سیستم‌های تزریق فشار بالا و فشار پایین اضطراری با حجم‌ها و اتصالات وابسته به زمان تعریف می‌شوند. در حجم وابسته به زمان، دما و فشار و در اتصال وابسته به زمان، دبی جریان سیال به صورت تابعی از فشار پایهٔ سرد تعیین می‌شود. این روش شبیه‌سازی مشخصات هد و جریان پمپ‌های سیستم اضطراری گریز از مرکز را فراهم می‌سازد. با استفاده از جزء انباره می‌توان رفتار تزریق انباره‌های شارژ شده

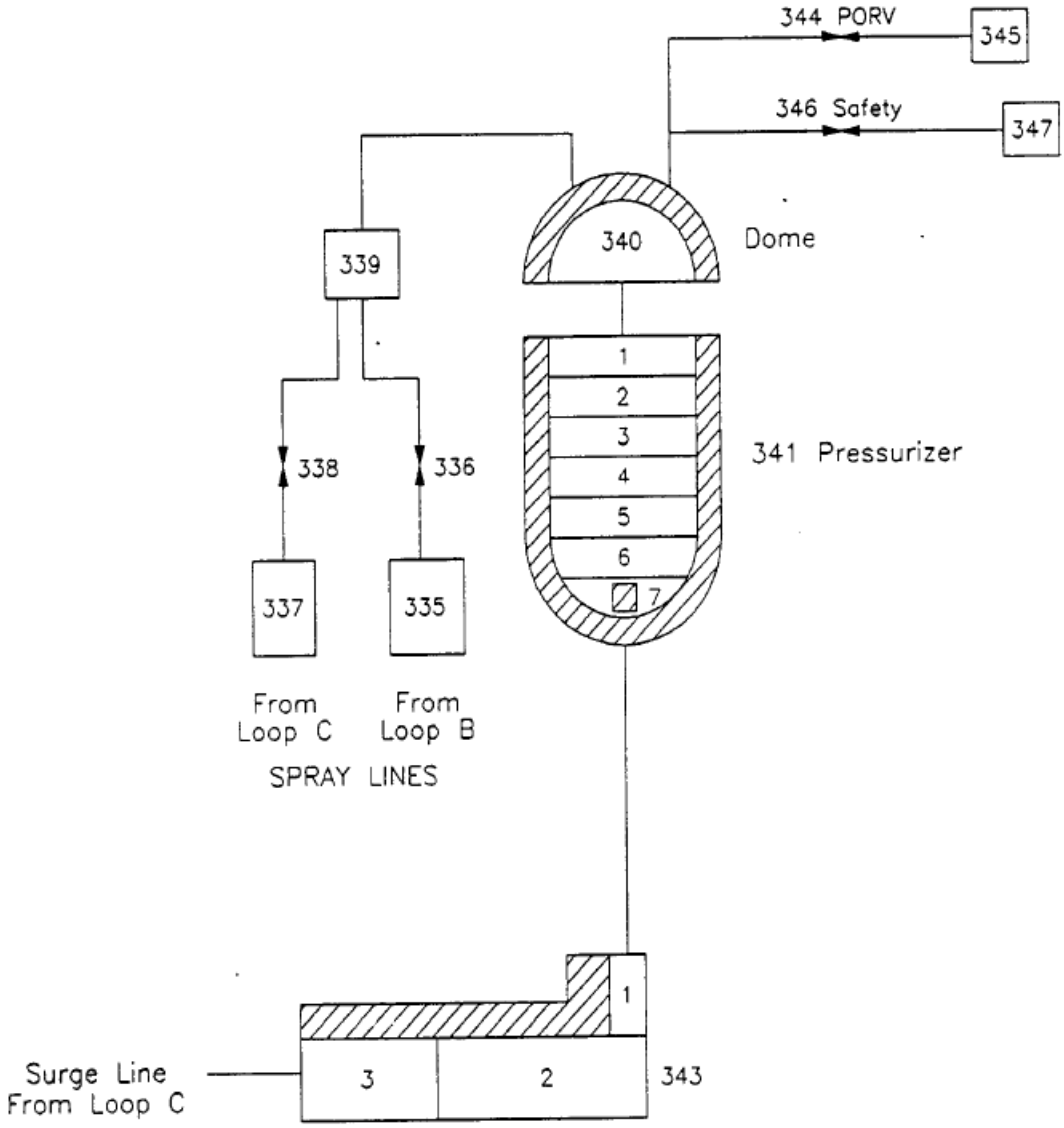
با نیتروژن را مدل‌سازی نمود. این جزء به صورت پارامتر فشرده، یک مخزن و خط لولهٔ اتصال آن را شامل می‌شود که انتقال حرارت از دیواره مخزن و سطح آب، تبخیر سطحی آب به فضای گازی و چگالش در فضای گازی را مدل می‌نماید.

۴-۲-۵- حجم‌بندی فشارنده

حجم‌بندی استاندارد INEL برای فشارنده و سیستم‌های مرتبط با آن در شکل ۱۱ نشان داده شده است. بخش بالایی فشارنده با انشعاب ۳۴۰ و بخش استوانه‌ای فشارنده و بخش پایین آن با ۷ سلول لولهٔ ۳۴۱ مدل‌سازی شده‌اند. به طور عمومی تطابق خوبی با داده‌های آزمایشی و عملکردی نیروگاه برای این مدل در حالت ورود و خروجی آهسته و سریع سیال حاصل شده است. خط لولهٔ اتصال فشارنده با ۳ سلول لولهٔ ۳۴۳ مدل شده است.

دو شیر اطمینان با شیر ۳۴۴ و شیر ایمنی با شیر ۳۴۶ مدل شده است. افزایش فشار اولیه باعث باز شدن شیرها می‌شود. عملکرد این شیرها در بازهٔ فشار عملکردی تعیین شده صورت می‌پذیرد. سیستم اسپری فشارنده با تک حجم‌های ۳۳۵، ۳۳۷ و ۳۳۹ و شیرهای ۳۳۶ و ۳۳۸ مدل شده است. شیرهای اسپری در پاسخ به افزایش فشار ملایم اولیه باز می‌شوند. عملکرد این شیرها با استفاده از منطق مشابه شیرهای اطمینان و شیرهای ایمنی صورت می‌پذیرد. سطح جریان همهٔ شیرها برابر با مقدار لازم برای عبور کل ظرفیت جریان نامی در فشار بالا دست است.

سازه‌های حرارتی برای مدل‌سازی پوستهٔ استوانه‌ای فشارنده و بخش نیم‌کره‌ای پایین و بالای آن و همچنین دیوارهٔ لوله اتصال به کار می‌روند. همچنین از سازه‌های حرارتی برای شبیه‌سازی عملکرد گرمکن‌های فشارنده استفاده می‌شود. توان گرمکن در پاسخ به کاهش فشار مدار خنک‌کنندهٔ اولیه افزایش می‌یابد و با کاهش سطح آب فشارنده خاموش می‌شود.



شکل ۱۱: حجم‌بندی فشارنده

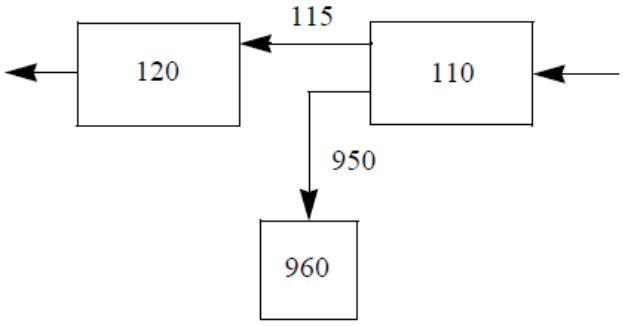
۴-۳- حجم‌بندی شکست

۴-۳-۱- مدل‌سازی LOCA

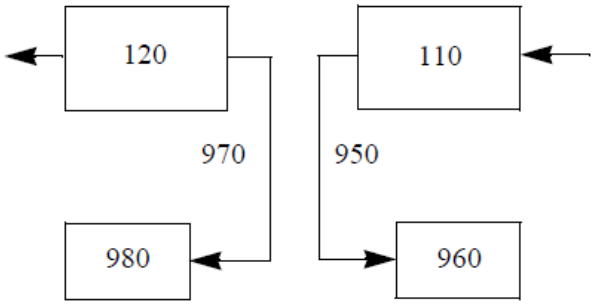
یکی از مسائل رایج، حادثه شکست است که شامل شکست کامل یا شکست جزئی در خطوط لوله سیال خنک‌کننده در محفظهٔ ایمنی است. نیاز به اندازه‌گیری صحیح جریان شکست در یک تست آزمایشگاهی معمولاً مشکل است. در تست آزمایشگاهی معمولاً در لولهٔ شکست از شیر و اوریفیس استفاده می‌شود. این حالت بهترین مدل برای شکست است. ملاحظات محدود کنندهٔ کورانت در این شرایط مهم هستند، چراکه سرعت‌های سیال در لوله منتهی به شکست بزرگ خواهد بود. در اغلب تحلیل‌های تجربی شکست، صحت سنجی مسیر جریان شکست برای جبران عدم قطعیت‌ها در مقاومت مسیر شکست

و مدل‌های جریان شکست کد ضروری است. فرایند محک شامل استفاده از داده‌های آزمایشگاهی می‌شود. این داده‌ها مقاومت شکست را مشخص می‌کنند و برای تنظیم مدل افت‌های جریان برای مقایسهٔ کافی با مقادیر جریان شکست محاسبه شده و اندازه‌گیری شده به کار می‌روند. این تنظیم با تنظیم ضرایب تخلیهٔ اتصال محل شکست انجام می‌شود.

در شکست واقعی در نیروگاه، نوعاً فرایند مدل‌سازی شکست بسیار ساده‌تر است، چراکه هندسهٔ شکست ساده‌تر است. یک شکست شامل بازشدن یک شکست با مقطع دایره‌ای بر بالا، کنار و پایین یک لولهٔ خنک‌کننده است. برای یک نیروگاه واقعی فرض می‌شود که شکست به صورت ناگهانی باز می‌شود. شکل ۱۲ حجم‌بندی پینشهادی برای مدل‌سازی شکست‌های کوچک و دوطرفه در لولهٔ خنک‌کننده را نشان می‌دهد. در دو حالت، لولهٔ شکسته شده با حجم‌های ۱۱۰ و ۱۲۰ مدل شده است.



Communicative break



Double-ended break

شکل ۱۲: حجم‌بندی شکست

شکست کوچک با افزودن یک اتصال ۹۵۰ و حجم وابسته به زمان ۹۶۰ به لولهٔ اصلی معرفی می‌شود. اتصال اصلی در خط لوله باقی مانده و پس از وقوع شکست، بخشی از جریان سیال از آن عبور خواهد کرد. ممکن است که شکست در فایل آغاز مجدد در نظر گرفته شود. در اتصال شکست ۹۵۰ باید گزینهٔ تغییر ناگهانی مقطع فعال شود تا افت‌های جریان مرکب از

کاهش ناگهانی مقطع از داخل لوله به لبهٔ تیز محل شکست و نیز انبساط ناگهانی در آن موقعیت از لبهٔ تیز محل شکست به محیط محفظهٔ ایمنی لحاظ شوند. همچنین باید گزینه مدل شوک در این اتصال فعال شود و مقدار اولیهٔ جریان برای این اتصال، صفر در نظر گرفته شود. شاخص‌های کنترل اتصال قابلیت تعیین محل شکست در بالا، کنار یا پایین لوله دارند.

حجم وابسته به زمان ۹۶۰ نمایندهٔ محفظهٔ ایمنی است که جریان شکست در آن تخلیه می‌شود و در آن حالت، محفظهٔ ایمنی به صورت شرایط مرزی در محاسبات تعیین می‌شود. برای این حجم، فشار ثابت در نظر گرفته می‌شود. اگر پاسخ فشار محفظه ایمنی به صورت تابعی از جریان تجمعی شکست معلوم باشد، می‌توان این پاسخ را در حجم وابسته به زمان تعریف کرد. در شکست دوطرفه، حجم‌بندی شامل دو اتصال و دو حجم وابسته به زمان است. دلیل نیاز به دو حجم وابسته به زمان این است که بیش از یک اتصال را نمی‌توان به یک حجم وابسته به زمان وصل کرد. در شکست بزرگ نیز شرایط اتصال از لحاظ مدل تغییر ناگهانی مقطع و مدل شوک مشابه شکست کوچک است. تعیین شرایط اولیهٔ شکست مهم است. در این مثال نرخ جریان جرمی اولیه برای اتصال ۹۵۰ باید برابر همان نرخ جرمی ورودی به حجم ۱۱۰ با علامت مثبت و نرخ جریان جرمی اولیه برای اتصال ۹۷۰ همان مقدار با علامت منفی باشد.

برای مثال فوق می‌توان از شیرهایی برای مدل‌سازی اتصالات شکست استفاده کرد. این شیرها در زمان شکست با یک تریپ باز می‌شوند. با استفاده از این روش، شیرها به جای اینکه فقط زمان تعیین شده توسط آغاز مجدد باز شوند، می‌توانند در هر زمان دلخواه باز شوند.

مشخصات شرایط محفظهٔ ایمنی برای برخی کاربردها بسیار مهم است. برای شرایط شکست کوچک، کاهش فشار سیستم خنک‌کنندهٔ اولیه شدید نیست، افت فشار در محل شکست بزرگ باقی می‌ماند و جریان شکست در شرایط شوک و مثبت به سمت محفظهٔ ایمنی است. در این حالت، شرایط تعیین شده برای محفظهٔ ایمنی خیلی مهم و حساس نیست. این مسأله به صورت ملایم به فشار محفظهٔ ایمنی حساس و به کسر گازهای آن غیرحساس است. برای شکست‌های بزرگ، گذارهای بین جریان شوک و پر اصطکاک و جریان معکوس متناوب از محفظهٔ ایمنی محتمل است. در این حالت، تعیین شرایط دقیق محفظهٔ ایمنی مهم است.

برای برخی مسائل که پاسخ محفظهٔ ایمنی به صورت ویژه مهم است، می‌توان تخمینی برای رفتار محفظهٔ ایمنی به عنوان بخشی از مدل به کار برد. این کار می‌تواند با مدل‌سازی محفظهٔ ایمنی و تعادل بین جرم و گرمای واقعی محفظهٔ ایمنی انجام شود.

نهایتاً کاربر باید این نکته را درک کند که شبیه‌سازی جریان بحرانی، عدم قطعیت قابل توجهی به همراه دارد. برای برخی مسائل این عدم قطعیت می‌تواند یک عامل کنترل برای خروجی شبیه‌سازی باشد. بنابراین، پیشنهاد می‌شود نتایج جریان شکست محاسبه شده توسط کد هم نسبت به داده‌های آزمایشگاهی در هندسه‌های مشابه و هم نسبت به روابط جریان بحرانی استاندارد به صورت مستقل مقایسه شوند.

فرایند پیشنهادی برای تعیین صحیح ناحیه شکست و ضریب تخلیه به سناریوی شکست، هندسهٔ صفحهٔ شکست و هر داده مرتبط با هندسه وابسته است. با فرض اینکه ضریب تخلیه برابر ۱ مقدار معتبری است، نکات عمومی زیر برای مدل جریان بحرانی در کد SCDAP/RELAP5 بیان می‌شود:

- برای شرایط مادون سرد، جریان محاسبه شده توسط کد بسیار بزرگ است. اغلب این نتیجه حاصل شده است که ضریب تخلیهٔ حدود ۰٫۸ برای پیش‌بینی جریان شکست در هندسه‌های حاوی نازل‌های شکست با نسبت طول به قطر کمتر از ۱، مورد نیاز است.
- برای شرایط اشباع با کیفیت پایین، نرخ‌های جریان جرمی محاسبه شده توسط کد بسیار کوچک هستند، اغلب حدود ۲۰ درصد، حتی هنگامی که ضریب تخلیه برابر ۱ استفاده شود.
- شرایط اشباع با کیفیت بالاتر در صفحهٔ شکست که با مدل تعادلی همگن تخمین زده می‌شوند، با کد SCDAP/RELAP5 به خوبی مدل‌سازی می‌شوند.

۴-۳-۲- مدل‌سازی Surge Line

یکی از پدیده‌های گذرا که در تحلیل حوادث وخیم منحصر به فرد است، شکست خط لولهٔ اتصال فشارنده است. مدل‌سازی شکست این لوله با اغلب شکست‌ها متفاوت است. زمان‌بندی این شکست یک شرط مرزی نیست، و توسط کد محاسبه می‌شود. مدل‌سازی شکست خط اتصال فشارنده به یکی از این دو روش ممکن است:

روش اول:

- مدل‌سازی دیواره‌های خط لولهٔ اتصال فشارنده با سازه‌های حرارتی RELAP5،
- تعریف سازه‌های حرارتی خط لولهٔ اتصال فشارنده برای محاسبات خرابی ناشی از خزش در کارت‌های 21000110 و 21000000،

- تعیین متغیر DCREPH در کارت‌های ۲۰۸ برای استفاده از تریپ‌های منطقی،
- تعریف تریپ منطقی به گونه‌ای که هنگامی که متغیرهای نشان‌دهندهٔ خرابی باشند، صحیح باشد،

مدل‌سازی خرابی خط اتصال فشارنده با یک شیر از خط لولهٔ فشارنده به محفظهٔ ایمنی مشابه شکست کوچک در شکل ۱۲ با یک شیر به جای اتصال ۹۵۰. این شیر باید در ابتدا بسته باشد و هنگامی که تریپ تعیین شده در مرحلهٔ چهارم صحیح می‌شود، باز گردد.

روش دوم:

- مدل‌سازی دیواره‌های خط لوله اتصال فشارنده با سازه‌های حرارتی RELAP5،
- تعریف سازه‌های حرارتی خط لولهٔ اتصال فشارنده برای محاسبات خرابی ناشی از خزش در کارت‌های 21000110 و 21000000،
- انجام محاسبات تعیین زمان خرابی ناشی از خزش اولیه،
- آغاز مجدد محاسبات با تعریف شکست برای زمان شکست ناشی از خزش.

آزمایش‌های خرابی ناشی از خزش نشان می‌دهند که خرابی شامل ترک‌های طولی است که از حدود یک چهارم سطح جریان محوری تا سطح کامل به بزرگی سطح جریان محوری باز می‌شوند. باید توجه شود که داده‌های آزمایشگاهی پراکندهٔ وسیعی در این زمینه وجود دارد. در مدل شکست خط لولهٔ اتصال فشارنده، سطح جریان شکست برابر یک سوم سطح جریان محوری لوله در نظر گرفته شده است. این مقدار معادل یک شیر با قطر حدودی نصف لولهٔ اتصال فشارنده است.

۴-۴- کنترل مسأله

نام فایل‌های ورودی، خروجی و سایر فایل‌های کمکی در خط دستور تعیین می‌شود. سایر پارامترهای کنترل در فایل ورودی تعیین می‌شوند.

۴-۴-۱- نوع مسأله

چهار نوع مسأله در کد SCDAP/RELAP5 وجود دارد که عبارتند از NEW، RESTART، PLOT و STRIP. دو نوع اول با مدل‌سازی سیستم‌های هیدرودینامیکی مرتبط هستند. نوع NEW حاوی شبیه‌سازی یک سیستم است، نوع RESTART حاوی آغاز مجدد یک مسألهٔ NEW یا RESTART قبلی است. نوع PLOT و STRIP اجراهای خروجی با استفاده از فایل

restart-plot نوشته شده در مسأله‌های NEW یا RESTART هستند. در مسألهٔ NEW یا RESTART گزینه‌های کنترلی دیگری هستند که باید انتخاب شوند، مانند STDY-ST یا TRANSNT.

شمارهٔ RESTART برابر شماره‌ای است که باید در کارت ۱۰۳ به کار رود. شماره ثبت برابر تعداد دفعات چاپ خروجی است. در لحظهٔ شروع، شماره ثبت صفر است. کمیت‌های نوشته شده داده‌های restart-plot به صورت پیش‌فرض در شرح داده‌های ورودی ذکر شده‌اند و کاربر می‌تواند کمیت‌های اضافی را به آنها بیافزاید.

نوع PLOT داده‌های موجود در فایل restart-plot را رسم می‌کند. این قابلیت هنوز در کد وجود ندارد. نوع STRIP اطلاعات انتخابی از فایل restart-plot را در یک فایل جدید چاپ می‌کند. این فایل شامل داده‌های حاوی زمان و متغیرهای انتخابی توسط کاربر است. داده‌هایی که باید رسم و یا در فایل جدید چاپ شوند به داده‌های رسم در فایل restart-plot محدود هستند.

۴-۴-۲- کنترل گام زمانی

داده‌های ورودی برای کنترل گام زمانی شامل یک یا چند کارت می‌شود که حاوی حد زمان، گام زمانی کمینه، گام زمانی بیشینه (مطلوب)، گزینه کنترلی، فرکانس چاپ خروجی کوچک، فرکانس چاپ خروجی بزرگ و فرکانس آغاز مجدد است. حد زمانی باید با افزایش شمارهٔ کارت افزایش یابد. اطلاعات موجود در کارت اول تا زمانی که زمان مسأله به حد زمان این کارت برسد، به کار می‌روند. سپس کارت دوم استفاده می‌شود و به همین ترتیب این روند ادامه می‌یابد. در مسأله‌های RESTART این کارت‌ها ممکن است باقی بمانند و یا اینکه به طور کلی جایگزین شوند. در صورت لزوم تا زمانی که زمان مسأله در RESTART به طور صحیح با مقادیر حد زمان در کارت‌ها منطبق شود، کارت‌های دیگر حذف خواهند شد.

گزینه‌های متعددی برای کنترل گام زمانی وجود دارند. انتقال اطلاعات بین توسعهٔ حل هیدرودینامیک و رسانش حرارتی صریح است و برنامه‌ها به گونه‌ای نوشته شده‌اند که هر توسعهٔ حل، یک گام زمانی متفاوت استفاده می‌کند. گزینه کنترل گام زمانی توسط یک شماره بین صفر تا ۱۵ تغییر می‌کند که متشکل از چهار عدد است. انتخاب صفر باعث می‌شود هر دو توسعهٔ حل هیدرودینامیکی و رسانش حرارتی در گام زمانی درخواست شده انجام شود. اما گام زمانی هیدرودینامیکی به گونه‌ای کاهش می‌یابد تا حد کورانت برقرار باشد. اگر شرایطی خارج از خواص ترمودینامیکی حاصل شود، توسعهٔ حل با گام زمانی کوچک‌تر تکرار می‌شود. در صورتی‌که گام زمانی باید کمتر از گام زمانی کمینه کاهش یابد، حل مسأله متوقف می‌شود. با هر کاهش گام زمانی گام زمانی قبلی نصف می‌شود. در ابتدای توسعهٔ حل برای گام زمانی درخواست شده (گام زمانی بیشینه)، شمارندهٔ حل برابر یک قرار می‌گیرد. هرگاه کاهش گام زمانی رخ دهد، شمارنده حل دوبرابر می‌شود. زمانی که

توسعهٔ حل موفقیت‌آمیز است شمارنده حل یکی کم می‌شود. زمانی که شمارنده حل به مقدار صفر کاهش می‌یابد، مسأله به اندازهٔ یک گام زمانی درخواستی توسعه داده شده است. دوبرابر شدن گام زمانی تنها هنگامی مجاز است که شمارندهٔ حل زوج باشد و شمارنده حل زمانی نصف می‌شود که گام زمانی زوج است. در حالتی که مقداری برای گزینه‌های کنترلی انتخاب نشود، هر زمان که ممکن باشد، گام زمانی دوبرابر می‌شود.

همانطور که ذکر شد در گزینه‌های کنترلی گام زمانی، چهار عدد قابل تعیین است. با انتخاب مقادیر ۱، ۳، ۵، ۷، ۹، ۱۱، ۱۳ و یا ۱۵ در عدد اول، علاوه بر موارد ذکر شده در بالا (انتخاب صفر برای عدد اول) فرایند نصف و دوبرابر شدن برای حفظ تخمینی از خطای برشی هیدرودینامیکی در حدود تعریف شدهٔ مسأله (خطای جرم) به کار می‌رود. اگر خطای قابل قبولی حاصل نشود و کاهش بعدی گام زمانی بتواند منجر به کاهش گام زمانی به کمتر از گام زمانی کمینه شود، توسعه مقبول است. ۱۰۰ مورد اول از چنین رخدادهایی در خروجی نوشته خواهد شد.

با انتخاب یکی از مقادیر ۲، ۳، ۶، ۷، ۱۰، ۱۱، ۱۴ و یا ۱۵ برای عدد دوم گزینهٔ کنترل گام زمانی، گام زمانی سازه حرارتی برابر گام زمانی هیدرودینامیکی خواهد شد. کنترل گام زمانی برای حل هیدرودینامیکی توسط حالت عدد اول تعیین می‌شود و زمانی که کاهش گام زمانی رخ دهد، توسعهٔ حل هیدرودینامیکی و رسانش حرارتی تکرار خواهد شد.

با انتخاب یکی از مقادیر ۴، ۵، ۶، ۷، ۱۲، ۱۳، ۱۴ و یا ۱۵ برای عدد سوم در انتقال حرارت از گام زمانی بیشینه استفاده می‌شود و بین حل هیدرودینامیک و تیغهٔ حرارتی همبسته‌سازی ضمنی جزئی استفاده خواهد شد.

با انتخاب یکی از مقادیر ۸، ۹، ۱۰، ۱۱، ۱۲، ۱۳، ۱۴ و یا ۱۵ برای عدد چهارم روش حل شبه ضمنی برای هیدرودینامیک به کار می‌رود. گام زمانی می‌تواند پنج برابر حد کورانت برای حالت گذرا و ۱۰ برابر حد کورانت برای حالت پایا باشد.

می‌توان موارد فوق را با یکدیگر در گزینه‌های کنترل گام زمانی ترکیب کرد. انتخاب مقدار صفر به جز برای مسائل تست توصیه نمی‌شود. اگر عدد اول انتخاب شود، باید در انتخاب گام زمانی درخواستی (بیشینه) دقت شود. توسعه‌های هیدرودینامیکی و رسانش حرارتی به صورت مجزا پایدار هستند؛ گام زمانی هیدرودینامیکی برای تضمین پایداری تنظیم می‌شود. حل رسانش حرارتی با خواص حرارتی ثابت برای همهٔ گام‌های زمانی پایدار است و تغییر خواص حرارتی با دما مشکلی ایجاد نمی‌کند. همبسته‌سازی صریح حجم‌های هیدرودینامیکی و سازه‌های حرارتی از طریق شرایط مرزی می‌تواند ناپایدار باشد و خطاهای برشی فزاینده‌ای در گام‌های زمانی بزرگ می‌تواند رخ دهد. وارد کردن سه عدد معمولاً خطا را برطرف می‌کنند، اما در این حالت محاسبات غیرضروری انجام می‌شود.

فرکانس‌های چاپ خروجی کوچک و بزرگ و آغاز مجدد بر اندازهٔ گام زمانی درخواستی (بیشینه) مبتنی هستند. فرکانس برابر n به این معنی است که هنگامی که بازهٔ زمانی معادل n برابر گام زمانی درخواستی (بیشینه)گذشته باشد، اقدام مورد نظر انجام می‌پذیرد. خروجی و آغاز مجدد در لحظهٔ صفر و در فرکانس‌های تعیین شده تا حد زمانی در کارت کنترل گام زمانی چاپ می‌شوند. در صورت نیاز، گام زمانی کاهش می‌یابد و خروجی و آغاز مجدد در مقدار حد زمان چاپ می‌شوند. خروجی کوچک، فایل رسم و داده‌های آغاز مجدد تنها زمانی چاپ می‌شوند که درخواست آن توسط کاربر ایجاد شده باشد.

۴-۴-۳- خروجی چاپ شده

در ابتدای خروجی نسخهٔ کد به کار رفته چاپ می‌شود.

۴-۴-۳-۱- چاپ ورودی در خروجی

خروجی با یک لیست از تصویر کارت‌ها به ازای هر خط که دارای یک شمارنده هستند، شروع می‌شود. این شمارنده با شمارهٔ کارت در ورودی برابر نیست. هنگامی که یکی از کارت‌ها حذف و یا جایگزین شود، یک پیغام چاپ می‌شود. خطاهای نوشتاری مانند قرار گرفتن یک کاراکتر در جایی که باید عدد قرار داده شود، علامت‌های اضافه، نقطه و ... با یک پیغام خطا مشخص می‌شوند و زیر ستونی که خطا در آن قرار دارد در تصویر کارت علامت $ قرار داده می‌شود.

پردازش ورودی شامل سه فاز است. فاز اول به سادگی همهٔ ورودی را خوانده و اطلاعات آن را برای یک مسأله ذخیره می‌کند، به گونه‌ای که بعداً داده‌ها با شماره کارت قابل بازیابی باشند. بررسی خطا در این مرحله محدود به خطاهای نوشتاری است. در فاز دوم پردازش اولیهٔ اطلاعات انجام می‌شود. داده‌های ورودی در آرایه‌های دینامیکی تهیه شده برای حل مسأله جابجا می‌شوند. پردازش و بررسی خطا به صورت موضعی انجام می‌شود. هنگامی که پردازش یک اتصال انجام می‌شود، در مورد وجود حجم‌های متصل به آن پردازشی صورت نمی‌گیرد. به طور مشابه حجم‌های هیدرودینامیکی متصل به سطوح سازه‌های حرارتی طی پردازش اطلاعات سازه‌های حرارتی، بررسی نمی‌شوند. در پایان این فاز، همه کارت‌ها باید استفاده شده باشند. کارت‌های استفاده نشده به عنوان خطا در نظر گرفته می‌شوند و لیست می‌شوند. قرار گرفتن چند ستاره پیش از شماره کارت نشان‌دهنده این است که شماره کارت نادرست است. فاز سوم پردازش ورودی را کامل می‌کند و مقداردهی اولیه را انجام می‌دهد. هنگامی که فاز دوم کامل می‌شود، داده‌های تعیین کنندهٔ ارتباط بین بلوک‌های مختلف داده قابل بررسی می‌شوند. اتصالاتی که بین حجم‌های ناموجود برقرار شده‌اند، سطوح سازه‌های حرارتی که به حجم‌های ناموجود مرتبط شده‌اند، موادی که خواص حرارتی آنها تعیین نشده است و داده‌های توان وارد نشده نمونه‌هایی از خطا هستند. حل رسانش در حالت پایا برای تعیین توزیع اولیه دما در سازه‌های حرارتی نمونه‌ای از مقدار دهی اولیه است.

۴-۴-۳-۲- چاپ خروجی بزرگ

خروجی بزرگ حاوی اغلب کمیت‌های کلیدی است که در توسعه زمانی حل محاسبه می‌شوند. حجم خروجی وابسته به انتخاب کاربر است. خروجی شامل خلاصه‌ای از گام زمانی، اطلاعات تریپ، اطلاعات سینتیک راکتور، یک تا چهار بخش برای اطلاعات حجم‌های هیدردینامیکی، اطلاعات کنترل گام زمانی حجم هیدرودینامیکی، یک تا دو بخش برای اطلاعات اتصالات، اطلاعات واکنش آب و فلز، اطلاعات سازه حرارتی و انتقال حرارت، دماهای سازه‌های حرارتی، اطلاعات فاز مستغرق سازی، دماهای سطح مستغرق سازی، اطلاعات خرابی غلاف، اطلاعات متغیرهای کنترلی، پمپ، توربین و انباره می‌باشد. خروجی بزرگ بسیار طولانی است و در انتخاب فرکانس چاپ آن باید دقت شود. برخی از بخش‌های خروجی بزرگ را می‌توان در کارت‌های کنترل گام زمانی حذف کرد.

۴-۴-۳-۳- چاپ خروجی کوچک

خروجی کوچک مجموعهٔ خلاصه‌ای از پارامترها است که توسط کاربر تعیین می‌شوند. فرکانس چاپ خروجی کوچک توسط کاربر تعیین می‌شود و می‌تواند با فرکانس خروجی بزرگ متفاوت باشد. پارامترهای انتخابی در این مجموعه تا ۵۰ پارامتر در یک زمان ذخیره می‌شوند. سپس اطلاعات خروجی کوچک چاپ می‌شوند.

۴-۴-۴- ویرایش سازه‌های حرارتی SCDAP

پارامترهای سازه‌های حرارتی SCDAP با فرکانس خروجی بزرگ RELAP5 چاپ می‌شوند که شامل دما، اعوجاج و اکسید شدن میله‌های سوخت و میله‌های کنترل و انتشار محصولات شکافت از میله‌های سوخت هستند. حالت هر سازهٔ حرارتی SCDAP بر اساس شمارهٔ آن چاپ می‌شود. به عبارت دیگر جزء ۱ اول چاپ می‌شود، سپس جزء ۲ و الی آخر.

۴-۴-۴-۱- توزیع دما

بخش اول خروجی شامل توزیع دما در سازهٔ حرارتی SCDAP با شماره ۱ است. دماهای مرکز سوخت و سطح غلاف برای هر گره محوری چاپ می‌شود. دماها بر اساس واحد کلوین هستند. ارتفاع هر گرهٔ محوری با واحد متر چاپ می‌شود. توزیع دمای شعاعی برای هر گره و در ارتفاع وسط صفحه سازهٔ حرارتی SCDAP چاپ می‌شود.

۴-۴-۴-۲- شعاع غلاف

بخش بعدی خروجی مربوط به شعاع داخلی و خارجی غلاف سوخت است. این خروجی میزان بالونی شدن غلاف را نشان می‌دهد. شعاع داخلی و خارجی برای هر گره محوری چاپ می‌شوند. شعاع سمت چپ چاپ شده مربوط به پایین‌ترین گره محوری و شعاع سمت راستی مربوط به بالاترین گره محوری است.

۴-۴-۴-۳- اکسید شدن غلاف

۱۰ خط بعدی چاپ شده نتایج محاسبات اکسید شدن غلاف را نشان می‌دهند. متغیرهای اکسید شدن برای هر گره محوری چاپ می‌شوند. پایین‌ترین گره محوری در سمت چپ و بالاترین گره محوری در سمت راست چاپ می‌شود. میزان اکسیدشدن غلاف توسط خط حاوی کسری از غلاف اکسید شده در هر گره نشان داده می‌شود. اگر مقدار کسر اکسید شدن غلاف برابر ۱ باشد، آنگاه غلاف به کلی یک پوستهٔ از جنس اکسید زیرکونیوم است.

۴-۴-۴-۴- ذوب

یازده خط بعدی میزان مایع شدن میلهٔ سوخت و ذوب آن را نشان می‌دهد. میزان حل شدن غلاف مایع شده با بخش خارجی قرص‌های سوخت با شعاع داخلی ناحیهٔ حلقوی حل شدهٔ اکسید اورانیوم مشخص می‌شود. اگر در سوخت انحلال رخ ندهد، مقدار چاپ شده برای شعاع داخلی برابر شعاع خارجی قرص‌های سوخت است. چند خط بعدی جابجایی سوخت و غلاف را نشان می‌دهند. در صورتی که سوخت به پایین نریخته باشد، جرم کل اکسید اورانیوم جامد شده در هر گرهٔ محوری به ازای میلهٔ سوخت برابر جمع جرم اکسید اورانیوم حذف شده از هر گره محوری به ازای میلهٔ سوخت است. مشابه این قانون برای غلاف وجود دارد. اگر جرم زیرکونیوم حذف شده از گرهٔ محوری برابر یا بزرگتر از صفر باشد، آنگاه همهٔ زیرکونیوم فلزی از آن گره فروریخته است و اکسید شدن در آن گره رخ نمی‌دهد.

۴-۴-۴-۵- انتشار محصولات شکافت و ذرات

در ادامهٔ فایل خروجی بخش سازه‌های حرارتی SCDAP، نتایج محاسبات محصولات شکافت و انتشار ذرات ارائه می‌شود. مقدار محصولات شکافت داخل سوخت با یک ماتریسی از اعداد نشان داده می‌شود. ستونی که در سمت چپ قرار دارد مربوط به پایین‌ترین گرهٔ محوری و ستون سمت راست مربوط به بالاترین گرهٔ محوری است. ردیف ماتریس جرم با واحد کیلوگرم در گرهٔ محوری به ازای میلهٔ سوخت برای جزء خاصی از محصولات شکافت را نشان می‌دهد. در ردیف اول مقدار زینان، ردیف دوم مقدار کریپتون، ردیف سوم مقدار سزیم، ردیف چهارم مقدار ید و ردیف پنجم مقدار تلریوم محاسبه شده توسط مدل انتشار گازهای شکافت PARAGRASS ارائه می‌شود.

بقیهٔ ردیف‌ها مقدار ذرات معلق محاسبه شده توسط مدل CORSOR را نشان می‌دهند. جرم‌های اولیهٔ ذرات توسط کاربر در ورودی تعیین می‌شوند. ردیف ششم جرم زیرکونیوم باقیمانده را نشان می‌دهد. اگر انتشار ذرات زیرکونیوم توسط مدل CORSOR محاسبه نشود، آنگاه جرم زیرکونیوم برابر با جرم تعیین شده توسط کاربر برای زیرکونیوم به ازای گرهٔ محوری خواهد بود. به طور مشابه، ردیف هفتم مقدار آهن در گره محوری، ردیف نهم مقدار روتنیوم، ردیف دهم مقدار یک ایزوتوپ خاص از زیرکونیوم، ردیف یازدهم مقدار برلیم، ردیف دوازدهم مقدار استرانسیم، ردیف سیزدهم مقدار تلور، ردیف چهاردهم

مقدار نقره، ردیف پانزدهم مقدار یک ایزوتوپ خاص از سزیم و ردیف شانزدهم مقدار یک ایزوتوپ خاص از ید را نشان می‌دهد.

خط بعدی مقدار محصولات شکافت در گپ موجود در میلهٔ سوخت را نشان می‌دهد. مقدار اجزای محصولات شکافت به ترتیب اشاره شده در بالا برای سوخت چاپ می‌شود. اولین جزء در سمت چپ مربوط به زینان، دومین جزء مربوط به کریپتون و به همین ترتیب تا آخر می‌باشد. علاوه براین، جرم هلیوم در گپ در ردیف هفدهم چاپ می‌شود.

خط بعدی میزان تجمعی محصولات شکافت منتشر شده به خنک‌کننده را ارائه می‌دهد. جرم ارائه شده با واحد کیلوگرم به ازای یک میله برای هر جزء می‌باشد. ترتیب این مواد به صورت ترتیب ارائه شده در بالا است. علاوه براین، جرم تجمعی منتشر شدهٔ هلیوم و هیدروژن در ردیف‌های هفدهم و هجدهم چاپ می‌شود.

کاربر می‌تواند مقدار تجمعی انتشار محصولات شکافت به خنک‌کننده را با تفریق موجودی حاضر از موجودی اولیه بدست آورد. تفاوت بین مقدار اولیه و مقدار موجود محصولات شکافت برابر است با مقدار منتشر شده به خنک‌کننده در حالتی که غلاف تخریب شده است. اگر غلاف سوخت تخریب نشده باشد، آنگاه این تفاوت مقدار منتشر شده به گپ موجود در داخل میلهٔ سوخت است.

۴-۴-۴-۶- بالونی شدن و شکست غلاف

سه خط بعدی حاوی نتایج مدل بالونی شدن غلاف است. خط اول گره محوری که حداکثر مقدار بالونی شدن غلاف در آن رخ می‌دهد را معرفی می‌کند. اگر غلاف تخریب شده باشد، در این خط شماره گرهٔ محوری آن موقعیت ارائه می‌شود. خط بعدی کرنش زاویه‌ای غلاف در هر گره محوری ارائه می‌شود. خط بعدی فشار گازها در گپ میلهٔ سوخت چاپ می‌شود. اگر غلاف سوخت تخریب شده باشد، فشار گپ برابر فشار خنک‌کننده در آن موقعیت گزارش می‌شود.

۴-۴-۴-۷- توان میلهٔ سوخت

سه خط بعدی نرخ تولید حرارت میله را نشان می‌دهند. خط اول کل نرخ تولید حرارت خطی با واحد وات بر متر در هر گره محوری را نشان می‌دهد. خط بعدی به داده‌های تکراری که باید توسط کاربر نادیده گرفته شوند، مربوط است. خط سوم نرخ تولید حرارت خطی متوسط در راستای محوری را نشان می‌دهد. سایر خطوط باقی‌مانده در خروجی تکراری هستند و باید توسط کاربر صرف‌نظر شوند.

۴-۴-۵- توقف محاسبات گذره

ممکن است کاربر یک یا دو تریپ برای توقف مسأله تعریف کند. توقف نرمال محاسبات توسط یکی از این تریپ‌ها و یا فرارسیدن زمان پایان محاسبات در آخرین کارت کنترل گام زمانی است. در هنگام توقف خروجی بزرگ و خروجی کوچک و همچنین داده‌های آغاز مجدد چاپ می‌شوند. از آنجا که در فایل آغاز مجدد، ورودی تریپ‌ها قابل تعریف و کارت‌های گام زمانی جدید قابل تعیین می‌باشند، مسأله می‌تواند مجدداً آغاز و ادامه یابد.

همچنین پایان گذره می‌تواند بر اساس دو تست در زمان باقیمانده پردازنده برای مسأله رخ دهد. اگر زمان پردازندهٔ باقیمانده در تکمیل گام زمانی درخواستی کمتر از کمیت ورودی باشد، در این صورت محاسبات متوقف می‌شود. تست دوم مشابه تست اول است، ولی مقایسه با کمیت دوم ورودی و پس از هر توسعهٔ زمانی انجام می‌شود. کمیت ورودی برای تست اول بزرگتر از کمیت ورودی برای تست دوم است، چراکه توقف ترجیحی در پایان گام زمانی درخواستی است. توقف در هر دو حالت، قابل اجرای مجدد است.

توقف ناشی از خطا در محاسبات از چند منبع رخ می‌دهد که شامل حل هیدرودینامیکی خارج از محدودهٔ زیربرنامهٔ خواص آب، دماهای سازه‌های حرارتی خارج از خواص حرارتی جدول‌ها یا توابع و عدم تعریف منحنی پمپ می‌شود. آغاز مجدد از نقطهٔ خطا و یا زمانی زودتر بدون ایجاد تغییر در ورودی مسأله تنها منجر به خطای دیگری می‌شود. تغییرات مسأله در آغاز مجدد می‌تواند باعث موفقیت اجرای مسأله شود. شکل‌های درخواستی پس از توقف ناشی از خطا تولید می‌شوند.

۴-۴-۵-۱- تغییرات مسأله در آغاز مجدد

بیشترین استفاده از قابلیت آغاز مجدد برای ادامهٔ مسأله پس از توقف عادی است. اگر مسأله در اثر رسیدن به حد زمان پردازنده متوقف شود، مسأله می‌تواند بدون ایجاد تغییری در اطلاعات حاصل از فایل آغاز مجدد، مجدداً آغاز شود. اگر مسأله در اثر رسیدن به زمان پایان تعیین شده در کارت کنترل گام زمانی متوقف شود، باید کارت زمانی جدید تعریف شود. اگر مسأله در اثر یک تریپ متوقف شود، باید تریپ توقف حل برای ادامهٔ مسأله بازتعریف شود. بنابراین، باید برخی تغییرات در ورودی برای آغاز مجدد اعمال شود.

قابلیت بهسازی سیستم شبیه‌سازی شده در آغاز مجدد یک جزء مطلوب است. نیاز اولیه به این جزء فراهم آوردن گذار از شرایط حالت پایا به شرایط گذرا است. در حالت‌های بسیاری، یک تریپ می‌تواند شیرهایی که یک گذره را آغاز می‌کنند، فعال نماید. زمانی که تریپ‌ها مناسب نیستند، قابلیت بازتعریف مسأله در آغاز مجدد می‌تواند کارآمد باشد. یک مثال از تغییر مسأله بین حالت پایا و گذرا، استفاده از یک حجم پر از آب وابسته به زمان در ناحیهٔ بخار در فشارنده طی حالت پایا است.

حجم وابسته به زمان، فشار فشارنده را تعیین می‌کند و در صورت لزوم از سیستم اولیه آب اضافی را جذب می‌نماید. در آغاز گذره حجم وابسته به زمان با حجم‌های بخار جایگزین می‌شود. با این روش، در گذرا نیازی به مدل‌سازی سیستم کنترلی که سطح آب و دما را طی محاسبات حالت پایا کنترل می‌کند، نیست.

دلیل دیگر برای قابلیت تغییر مسأله، کاهش هزینهٔ روش‌های مختلف عمل کردن در چند نقطه در حالت گذرا است. مثال این حالت، تعیین پاسخ‌های مختلف سیستم ایمنی (عمل کردن و عمل نکردن) است. یک راه حل این است که دو مسألهٔ کامل اجرا شوند. راه دیگر این است که یک مسأله به صورت عادی اجرا شده و همان مسأله در زمان مناسب با تغییراتی برای حالت دوم مجدداً آغاز شود.

قابلیت تغییر مسأله می‌تواند برای حجم‌بندی مجدد یک مسأله برای یک فاز خاص از یک گذره به کار رود، که البته این کار توصیه نمی‌شود. کنترل گام زمانی می‌تواند در آغاز مجدد تغییر کند. اگر کارت‌های گام زمانی در آغاز مجدد به کار رفته باشند، همهٔ کارت‌های قبلی گام زمانی پاک می‌شوند. کارت‌های جدید تنها باید گزینه‌های گام زمانی از لحظهٔ آغاز مجدد تا انتهای گذره را تعیین کنند.

کارت‌های رسم و خروجی کوچک می‌توانند در آغاز مجدد تغییر کنند. اگر هر کدام از کارت‌های خروجی کوچک تعیین شده باشد، همهٔ کارت‌های قبلی پاک می‌شوند. کارت‌های جدید باید همهٔ کمیت‌های مطلوب را تعریف کنند.

در آغاز مجدد می‌توان تریپ تعریف کرد. در آغاز مجدد، کاربر می‌تواند تعیین کند که همهٔ تریپ‌های قبلی پاک شده و تریپ‌های جدید تعریف استفاده شوند. همچنین کاربر می‌تواند تعیین کند که تریپ‌های قبلی باقی بمانند، ولی تریپ‌های خاص پاک شوند، یا به حالت ناصحیح تغییر حالت دهند، یا مجدداً تعریف شوند و یا تریپ‌های جدید افزوده شوند. اجزای هیدرودینامیکی موجود قابل تغییر یا حذف و اجزای جدید قابل افزودن هستند. جدول‌های حجم‌ها و اتصالات وابسته به زمان قابل تغییر هستند. اگر یک جزء تغییر کند، همهٔ کارت‌های آن جزء باید وارد شوند. اجزای سیستم کنترلی نیز قابل تغییر، حذف و افزودن هستند. همچنین سازه‌های حرارتی، جدول‌ها و خواص مواد قابل حذف، تغییر و افزودن هستند. در صورت تغییر، همهٔ کارت‌های سازهٔ حرارتی، جدول‌ها و خواص مواد باید مجدداً تعیین شوند. سینتیک راکتور نیز قابل تغییر یا حذف در آغاز مجدد است. سری کامل داده‌های سینتیک راکتور باید وارد شود. بخش‌های مستقل سینتیک ممکن است به عنوان داده‌های جایگزین تعیین نشوند. به طور خلاصه، اجزای مختلف مدل‌سازی در کد SCDAP/RELAP5 در آغاز مجدد قابل افزودن، حذف شدن و یا تغییر یافتن هستند.

۴-۵- نیازمندی‌های ورودی کد SCDAP/RELAP5

توضیحات کامل ساختار ورودی و کارت‌های مورد نیاز برای مدل‌های RELAP5 در راهنمای این کد ارائه شده است. در اینجا الزامات مورد نیاز برای تهیهٔ مدل‌های به کار رفته در مدل‌های SCDAP و COUPLE ارائه می‌شود.

۴-۵-۱- الزامات تهیهٔ خروجی کوچک

توضیحات کامل تهیهٔ خروجی کوچک برای مدل‌های RELAP5 در راهنمای این کد ارائه شده است. در این بخش الزامات مرتبط با تهیه خروجی کوچک برای مدل‌های SCDAP و COUPLE ارائه می‌شود.

۴-۵-۱-۱- کمیت‌های SCDAP

۴-۵-۱-۱-۱- رسم متغیرهای محاسبه شده توسط مدل‌های SCDAP و HTGR

در جدول شماره ۱ متغیرهای مربوط به رفتار قلب راکتورهای آب سبک و در جدول شماره ۲ متغیرهای رسم مربوط به رفتار قلب راکتورهای گازی دما بالا ارائه شده است. متغیرهای جدول شماره ۲ برای رسم اطلاعات شرح دهندهٔ مشخصات اصلی انتقال حرارت در راکتورهای گازی دما بالا و بررسی تعادل انرژی محاسبات انتقال حرارت به کار می‌روند. مقادیر این متغیرهای رسم به گونه‌ای که به صورت تابعی از زمان قابل رسم باشند، ذخیره می‌شوند. متغیرهایی که زیر آنها خط کشیده شده است، متغیرهای پیش‌فرض هستند که برای هر مسأله در فایل رسم ثبت می‌شوند، مگر اینکه با کارت ۲۰۸ درخواست شود که سایر متغیرها نیز ذخیره شوند. باید توجه شود که اگر متغیرهای پیش‌فرض در کارت ۲۰۸ درخواست شوند، دوبار در فایل رسم نوشته خواهند شد.

جدول شماره ۱:متغیرهای رفتار قلب راکتورهای آب سبک و دسته میله‌های سوخت

Code	Index	Quantity
BGNHG	0	Core or test fuel bundle nuclear heat generation (W).
BGMCT	0	Core or test fuel bundle maximum surface temperature (K).
BGTFPRN	0	Core cumulative noncondensable fission product release (kg).
BGTFPRS	0	Core cumulative soluble fission product release (kg).
BGTH	0	Core cumulative soluble fission product release (kg).
BGTHQ	0	Core total oxidation heat generation (W).
BGTHQU	0	Core total oxidation heat generation (W).
BGTHU	0	Core hydrogen generation rate due to uranium oxidation (kg/s).
CRUCB	0	Indicator of whether crust supporting molten pool has failed: 0.0 = no, 1.0 = yes.

Code	Index	Quantity
FPMASR	1-Xe 2-Kr 3-Cs 4-I 5-Te	Cumulative mass released (kg, lb).
FPFRCR		Fractional mass released (unitless).
REPOOL	0	Equivalent radius of the molten pool of core material (m).
SHQIN	0	Total heat flowing through the inside surface of the flow shroud (W). Available only if the shroud component is input.
SHQOUT	0	Total heat flowing through the outside surface of the flow shroud (W). Available only if the shroud component is input.
BGTHQ	0	Average temperature of reactor core (K).

جدول شماره ۲: متغیرهای مشخص کننده پاسخ قلب راکتور گازی دما بالا

Code	Index	Quantity
BGMCT	0	Maximum temperature in HGTR core (K).
BGNHG	0	Total fission and decay heat generation in HTGR (W).
BGTHQU	0	Rate of heat transfer to atmosphere and containment (W).
REPOOL	0	Integration with respect to time of fission and decay heat in reactor core (J).
BGTHU	0	Integration with respect to time of change in stored energy of all structures in HTGR system and heat transferred to atmosphere (J).
BGTH	0	Integration with respect to time of heat transferred to atmosphere due to natural circulation cooling (J).
BGTFPRN	0	Sum of rate of radiative and convective heat transfer to containment (W).
BGTFPRS	0	Rate of heat transfer to containment by convection (W).
SHQIN	0	Rate of heat transfer to containment by radiation (W).
SHQOUT	0	Rate of heat transfer to atmosphere (W).
BGTHQ	0	Rate of energy production due to oxidation of graphite in reactor core (W).

۴-۵-۱-۱-۲- کمیت‌های اجزای SCDAP

در جدول شماره ۳ متغیرهایی که پاسخ هر جزء را تعیین می‌کنند، ارائه شده است. شاخص jj شمارهٔ جزء مورد نظر است. متغیرهایی که زیر آنها خط کشیده شده است، متغیرهای پیش‌فرض هستند که در فایل رسم برای هر تحلیل چاپ می‌شوند. سایر متغیرها باید برای چاپ در فایل رسم، در کارت ۲۰۸ درخواست شوند. باید توجه شود که اگر مقادیر پیش‌فرض در کارت ۲۰۸ درخواست شوند، آنها در فایل رسم دوبار چاپ خواهند شد.

جدول شماره ۳: متغیرهای تعیین کنندهٔ پاسخ هر جزء

Code	Index	Quantity
PGAS	jj	Gas pressure inside component jj (MPa).
ZBTCOH	jj	Elevation of the bottom surface of the cohesive debris bed for component jj (m).
ZBTRUB	jj	Elevation of the bottom of the rubble debris bed for component jj (m).
ZTPCOH	jj	Elevation of the top surface of the cohesive debris bed for component jj (m).
ZTPRUB	jj	Elevation of the top of the rubble debris bed for component jj (m).

۴-۵-۱-۱-۳- کمیت‌های محوری SCDAP

کمیت‌های تعیین کنندهٔ پاسخ هر گرهٔ محوری برای هر جزء در جدول شماره ۴ ارائه شده است. شاخص kkjj، مربوط به گرهٔ محوری kk و شماره جزء jj است. توضیح کمیت‌های دارای خط مشابه موارد قبل است.

جدول شماره ۴: متغیرهای تعیین کنندهٔ پاسخ هر گره محوری برای هر جزء

Code	Index	Quantity
BRCHV	kkjj	Indicator of whether double-sided oxidation is taking place at axial node kk of component jj: 0.0 = no, 1.0 = yes.
GGIVY	nnjj	Mass of nn-th species of fission product released from SCDAP component jj (kg).
DAMLEV	kkjj	Level of damage at axial node kk of component jj (unitless).
DZFRCQ	kkjj	Height of cohesive debris at axial node kk of component jj (m).
EFFOXD	kkjj	Effective oxide thickness at axial node kk of component jj. SCDAP/RELAP5-3D© now uses two oxide thicknesses: the first is the physical oxide thickness, OXDEO, and the second is an effective thickness, used to calculate the oxidation rate.
H2OXD2	kkjj	Hydrogen production rate at axial node kk of component jj (kg/s).
HFIXF	kkjj	Convective heat transfer coefficient for liquid phase at axial node k of component jj ($W/m^2 \cdot K$).
HFIXG	kkjj	Convective heat transfer coefficient for vapor phase at axcial node k of component jj ($W/m^2 \cdot K$).
HOOP	kkjj	Cladding hoop strain of component jj at axial node kk.
OXDEO	kkjj	Oxide thickness of the cladding at axial node kk of component jj (m).
QFLUX0	kkjj	Total heat flux at axial node kk of component jj (W/m^2).
QSCD	kkjj	Heat transferred from SCDAP component jj at axial node kk to fluid at this location (W).
QWGSCD	kkjj	Heat transferred to vapor phase of fluid from SCDAP component jj at axial node kk (W).
RCI	kkjj	Inside radius of the cladding at axial node kk of component jj (m).

Code	Index	Quantity
RCO	kkjj	Outside radius of the cladding (not including the crust of solidified material) at axial node kk of component jj (m).
RNALF	kkjj	Inner radius of the alpha oxide layer at axial node kk of component jj (m).
RNOXD	kkjj	Inner radius of the oxide layer at axial node kk of component jj (m).
ROCRST	kkjj	Outside radius of cladding (including the crust of the solidified material) of component jj at axial node kk (m).
RPEL	kkjj	Radius of fuel pellet of component jj at axial node kk (m).
RULIQ	kkjj	Outside radius of the solid part of the fuel pellet at axial node kk of component jj (m).
SCDCHF	kkjj	Critical heat flux at surface of SCDAP component jj at axial node kk (W/m^2).
WFROSR	kkjj	Mass of stainless steel resolidified at axial node kk of component jj per individual rod (kg).
WFROUO	kkjj	Mass of UO2 resolidified at axial node kk of component jj (kg).
WFROZR	kkjj	Mass of zircaloy resolidified at axial node kk of component jj (kg).
WREMSR	kkjj	Mass of stainless steel remaining at axial node kk of component jj (kg).
WREMUO	kkjj	Mass of removed fuel of component jj at axial node kk (kg).
WREMZR	kkjj	Mass of removed cladding of component jj at axial node kk (kg).

۴-۵-۱-۱-۴- کمیت‌های عمومی SCDAP

متغیرهای دما و خرابی ناشی از خزش در جدول شماره ۵ معرفی شده‌اند.

جدول شماره ۵: متغیرهای دما و خرابی ناشی از خزش

Code	Index	Quantity
CADCT[1]	iikkjj	Temperature of radial node number ii, axial node number kk, and component number jj (K).
DCREPC	ii	Fraction of life expended for ii-th COUPLE heat structure identified for creep rupture calculation.
DCREPH	ii	Fraction of life expended for ii-th RELAP5 heat structure identified for creep rupture calculation.
1- The component surface and centerline temperatures are always written to the restart/plot file at each minor edit frequency. A 208 card is required to save the temperature at any other radial node for plotting.1		

جدول شماره ۶: معرفی اجزای محصولات شکافت

Index	Specie	Index	Specie
1	I	10	Sn
2	CsI	11	Fe
3	CsOH	12	Ru
4	Te	13	Ba
5	HI	14	Sb
6	HTe	15	Zn
7	CD	16	Xe
8	Ag	17	Kr
9	UO2		

جدول شماره ۷: معرفی سطح خرابی

DAMLEV	Damage State
0.0	Intact geometry
0.1	Rupture due to ballooning
0.2	Rubble (fragmented)
0.4	Cohesive debris
1.0	Molten pool

۴-۵-۱-۱-۵- کمیت‌های SCDAP برای جزء تیغه/جعبه BWR

متغیرهای مربوط به جزء تیغهٔ و باکس راکتور آب جوشان در جدول شماره ۸ ارائه شده‌اند. اگرچه نام‌های این متغیرها مشابه متغیرهای به کار رفته در سایر اجزای SCDAP است، متغیرهای جدول تنها برای تیغهٔ کنترل راکتورهای آب جوشان به کار می‌روند. شاخص ii مربوط به شمارهٔ گرهٔ شعاعی، شاخص kk مربوط به شمارهٔ گرهٔ محوری و شاخص jj مربوط به شمارهٔ جزء هستند.

جدول شماره ۸: متغیرهای مربوط به جزء تیغه و باکس راکتور آب جوشان

Code	Index	Quantity
CADCT	iikkjj	Temperatures (K) at radial node ii and axial node kk of component jj. For a BWR blade/box component, valid values of radial node ii are 1 - 14.
DAMLEV	kkjj	Level of damage (unitless) at axial node kk of component jj. For a BWR blade/box component, this indicates when the channel box wall has failed and a flow path has opened between the interstitial and fuel bundle coolant volumes. 0.0 = Both channel box segments intact. 0.1 = Channel box segment 1 gone. 0.2 = Channel box segment 2 gone. 0.3 = Both channel box segments gone.

Code	Index	Quantity
H2OXD2	kkjj	Total hydrogen production rate (kg/s) at axial node kk of component jj. For a BWR blade/box component, this is the total hydrogen from the control blade and both sides of the channel box.
OXDEO	kkjj	Frozen crust thickness (m) on the interstitial side of channel box segment 2 at axial node kk of component jj.
RCI	kkjj	Equivalent thickness (m) of the intact control blade sheath at axial node kk of component jj.
RCO	kkjj	Frozen crust thickness (m) on the control blade at axial node kk of component jj.
ROCRST	kkjj	Thickness (m) of the intact channel box segment 1 at axial node kk of component jj.
RPEL	kkjj	Thickness (m) of the intact channel box segment 2 at axial node kk of component jj.
RULIQ	kkjj	Equivalent thickness (m) of the intact absorber rodlet (B4C and stainless steel) at axial node kk of component jj.
WREMUO	kkjj	Frozen crust thickness (m) on the fuel bundle side of channel box segment 2 at axial node kk of component jj.
WREMZR	kkjj	Frozen crust thickness (m) on the fuel bundle side of channel box segment 1 at axial node kk of component jj.

۴-۵-۱-۲- کمیت‌های COUPLE

۴-۵-۱-۲-۱- پارامترهای ویژهٔ گره یا المان

کمیت‌هایی که مختص به یک گره یا المان هستند در جدول شماره ۹ ارائه شده‌اند. پارامترهایی که زیر آنها خط کشیده شده است، پارامترهای پیش‌فرض هستند. سایر پارامترها را می‌توان در کارت ۲۰۸ فراخواند.

جدول شماره ۹: کمیت‌های ویژهٔ گرهٔ COUPLE

Code	Index	Quantity
AFBULK	jjkk	Indicator of type of material in element jj of COUPLE mesh kk.
EVHTC	jj	Ex-vessel heat transfer coefficient at convection heat transfer node jj.
FPDEB	iijjkk	Fission product ii in element jj in COUPLE mesh number kk.
FRACML	jjkk	Fraction of COUPLE element jj in COUPLE mesh number kk that has melted.
GAPHTC	jjkk	Heat transfer coefficient for jj-th finite element (gap element) of mesh number kk ($W/m^2 \cdot K$).
MPHTC	jjkk	Heat transfer coefficient at liquid-solid interface for node jj of mesh number kk ($W/m^2 \cdot K$).
PORE	jjkk	Porosity of debris in element jj of COUPLE mesh kk

POWDB	jjkk	Power in element jj of COUPLE mesh kk (W/m^3).
TMLTEL	jjkk	Melting temperature of material in element kk of COUPLE mesh kk (K).
TMPCOU	jjkk	Debris bed temperature at node jj in COUPLE mesh number kk (K).
TOTHTC	jjkk	Convective heat transfer coefficient at node jj of COUPLE mesh kk ($W/m^2 \cdot K$).

۴-۵-۱-۲-۲- کمیت‌های گره COUPLE

در جدول شماره ۱۰ کمیت‌های گره COUPLE ارائه شده است.

جدول شماره ۱۰: کمیت‌های گره COUPLE

Code	Index	Quantity
CSENRG	kk	Total internal energy in structural material that supports debris (J).
DEBQUP	kk	Total rate of heat transfer by convection from top surface of debris (W).
DENRGY	kk	Total internal energy of debris (J).
HGTDEB	kk	Debris bed height in COUPLE mesh kk (m).
INTPOW	kk	Integral with respect to time of total power in debris (J).
INTQ	kk	Integral with respect to time of total transfer from debris and structural material to fluid at boundaries of debris and structural material (J).
LIQAVG	kk	Average liquefied debris temperature (K).
LIQAG	kk	Mass of liquefied silver in mesh kk (kg).
LIQFE	kk	Mass of liquefied steel in mesh kk (kg).
LIQUO2	kk	Mass of liquefied UO2 in mesh kk (kg).
LIQZO2	kk	Mass of liquefied ZrO2 in mesh kk (kg).
LIQZR	kk	Mass of liquefied zirconium in mesh kk (kg).
MASLIQ	kk	Liquefied mass in mesh kk (kg).
MASSAG	kk	Total mass of silver in mesh kk (kg).
MASSAL	kk	Total mass of aluminum in mesh kk (kg).
MASB4C	kk	Total mass of B4C in mesh kk (kg).
MASSCD	kk	Total mass of cadmium in mesh kk (kg).
MASSFE	kk	Total mass of stainless steel in mesh kk (kg).
MASSLI	kk	Total mass of lithium in mesh kk (kg).
MASSU	kk	Total mass of metallic uranium in mesh kk (kg).
MASUO2	kk	Total mass of uranium dioxide (UO2) in mesh kk (kg).
MASSZR	kk	Total mass of zircaloy in mesh kk (kg).
MASZO2	kk	Total mass of zirconium oxide in mesh kk (kg).
MPPDEN	kk	Molten pool power density (W/m^3)
PDBTOT	kk	Total power in material that has slumped to lower head (W).
TMPDAV	kk	Average debris temperature in COUPLE mesh number kk (K).
TMPDMX	kk	Maximum debris bed temperature in COUPLE mesh number kk (K).

Code	Index	Quantity
TWALMX	kk	Total internal energy of debris (J).

جدول شماره ۱۱: شاخص مواد COUPLE

AFBULK	Type of material
0.3	Mostly Ag-In-Cd
0.4	Mostly stainless steel
0.5	Mostly Zr
0.6	Mostly ZrO_2
0.7	More than 50% UO_2
1.0	More than 70% UO_2

۴-۵-۲- الزامات خرابی ناشی از خزش

در این بخش کارت‌های فعال‌سازی مدل خرابی ناشی از خزش ارائه می‌شوند. دمای مورد نیاز این مدل از سازه‌های حرارتی SCDAP/RELAP5 یا از مدل بستر آوار COUPLE به دست می‌آیند. کارت 21000000 و کارت‌های 210000001 تا 21000009 برای برقراری اتصال مدل خرابی ناشی از خزش به مدل بستر آوار COUPLE و کارت‌های 21000101 تا 21000110 برای برقراری ارتباط بین این مدل و سازه‌های حرارتی SCDAP/RELAP5 به کار می‌روند. هر کدام یا هر دو نوع کارت‌ها قابل استفاده هستند.

استفاده از این کارت‌ها اختیاری است. در صورتی که مدل خرابی ناشی از خزش به مدل بستر آوار COUPLE متصل باشد، آنگاه مدل بستر آوار COUPLE باید فعال شده باشد.

۴-۵-۲-۱- کنترل مدل خرابی ناشی از خزش (کارت 21000000)

در صورتی که مدل COUPLE به کار رفته باشد، این کارت اختیاری است، ولی اگر این مدل فعال نشده باشد، نمی‌توان از این کارت استفاده کرد. این کارت دارای سه پارامتر است که هر سه مورد در فایل آغاز مجدد قابل تغییر هستند.

پارامتر اول شمارهٔ تعیین کننده مواد برای دیوارهٔ COUPLE است، پارامتر دوم شمارهٔ حجم محفظهٔ ایمنی و پارامتر سوم برای تعیین فشار ثابت بیرون در حالت عدم تعیین حجم محفظهٔ ایمنی است.

W1(I) - IMAT. Material index for COUPLE wall:
1 = A-508 Class 2 carbon steel (default).
2 = 316 stainless steel.
3 = Inconel 600.

W2(I) - Containment volume. If specified as non-zero this volume is used as the containment volume. Default is zero.

W3(R) - External pressure (Pa, lbf/in^2). If W2 is > 0, then this value is ignored and the external pressure is taken from the containment volume, otherwise this value is the constant external pressure. Default is atmospheric pressure.

۴-۵-۲-۲- دیوارهٔ COUPLE (کارت‌های 21000001 تا 21000009)

خرابی ناشی از خزش را می‌توان در ۹ موقعیت COUPLE (که توسط پارامتر nrlcmx) مدل کرد. در هر موقعیت خرابی خزش، حداکثر ۱۱ گره COUPLE برای تعریف دما در مدل خرابی خزش قابل تعریف است. دما در هر گره برای تولید دمای متوسط به کار می‌رود. این دما به عنوان دمای خزش خرابی در آن موقعیت استفاده می‌شود.

برای موقعیت محاسبات خرابی خزش I باید کارت 2100000I تعریف شود و مشخصات همهٔ نقاط برای آن موقعیت باید در آن کارت تعیین شوند.

اگر این کارت در اجرای آغاز مجدد به کار رود، هر کارت 2100000I دمای متوسط جدید برای موقعیت I به دست می‌آورد. خرابی ناشی از خزش برای موقعیت I نیز در زمان آغاز مجدد، به مقدار صفر بازنشانی می‌شود. همچنین در اجرای مجدد افزودن موقعیت جدید با تعیین مقادیر استفاده نشدهٔ قبلی I ممکن است. برای حذف یک موقعیت در اجرای مجدد بدون جایگزینی، می‌توان پارامتر W1 در کارت 2100000I را برابر صفر قرار داد.

هر کارت 2100000I تعداد N (۱ تا ۱۱) المان از شبکهٔ COUPLE است که موقعیت I را در دیوارهٔ COUPLE تعریف می‌کند.

2100000I (1-9) COUPLE Wall

W1(I) - ELEMENT 1.
WN(I) - ELEMENT N.

۴-۵-۲-۳- سازه‌های حرارتی (کارت‌های 21000101 تا 21000110)

در ۱۰ سازهٔ حرارتی SCDAP/RELAP5 می‌توان مدل خرابی ناشی از خزش را به کار برد. برای به کار گیری مدل خرابی خزش در یک سازهٔ حرارتی به یک گرهٔ COUPLE نیاز نیست.

این کارت‌ها اختیاری هستند. یک کارت 210001II برای هر موقعیت II در محاسبات خرابی خزش خوانده می‌شود. میزان خرابی خزش برای موقعیت II در زمان آغاز مجدد به صفر بازنشانی می‌شود. در مسأله آغاز مجدد کاربر می‌تواند موقعیت‌های جدیدی تعریف کند و بر مقادیر استفاده نشدهٔ قبلی II بیافزاید.

در هر کارت چهار پارامتر وجود دارد. در پارامتر اول شماره سازهٔ حرارتی، در پارامتر دوم شماره مواد، در پارامتر سوم فشار داخلی و در پارامتر چهارم فشار خارجی تعیین می‌شود.

W1(I)Heat structure number. The heat structure for which creep rupture failure calculation is to be done. The format is CCCG00X, where CCC is the heat structure number and G is its geometry.

W2(I) - Material index.

1 = A-508 Class 1 carbon steel.

2 = 316 stainless steel.

3 = Inconel 600.

W3(R) - Inner (left) pressure (Pa, lbf/in2). If non-zero, this constant pressure is used. If zero, pressure is from adjacent volume. Default is zero.

W4(R) - Outer (left) pressure (Pa, lbf/in2). If non-zero, this constant pressure is used. If zero, pressure is from adjacent volume. Default is zero.

۴-۵-۳- ورودی مدل‌سازی قلب راکتور

با کارت‌های این قسمت، بخش SCDAP کد فعال می‌شود. کارت‌های این بخش با عدد ۴ آغاز می‌شوند. طی پردازش ورودی، نوع متغیر، تعداد پارامترهای کارت، محدوده‌های کاربردی و فیزیکی به صورت مقایسه‌ای بررسی می‌شوند. علاوه برآن، بررسی‌های بیشتر سازگاری برای ورودی انجام می‌شود. به عنوان مثال، بررسی سازگاری قرارگیری گره شعاعی و قرارگیری گره‌های شعاعی در سطح مشترک مواد جزء این بررسی‌ها هستند.

اشتباه بودن نوع پارامترها، تعداد پارامترها، حد فیزیکی و عدم سازگاری ورودی منجر به تولید پیغام خطا می‌شود، ولی پردازش متوقف نمی‌شود. پیغام‌های خطا در فایل خروجی با علامت ******** مشخص می‌شوند. اگر مقدار ورودی از محدودهٔ نرمال خارج بود، پیغام اخطاری در فایل خروجی با علامت $$$$$$$$ چاپ می‌شود. برای کمک به کاربر طی تهیهٔ ورودی و پردازش آن، محدوده‌های انتخاب شدهٔ ورودی مجاز در توضیحات کارت‌ها ارائه شده است.

۴-۵-۳-۱- حجم‌بندی قلب راکتور و گزینه‌های انتخاب مدل‌ها

سری اول کارت‌ها، هندسهٔ عمومی قلب را تشکیل می‌دهند. این کارت‌ها با چهار عدد مشترک اول 4000 آغاز می‌شوند.

۴-۵-۳-۱-۱- حجم‌بندی و نوع راکتور (کارت 40000100)

این کارت برای تعریف پارامترهای عمومی و کنترل انواع پدیده‌های وابسته به تأسیسات که باید مدل شوند، به کار می‌رود. این کارت برای مسأله جدید اجباری است و در مسأله آغاز مجدد قابل تغییر نمی‌باشد.

در پارامتر اول، تعداد گره‌های محوری تعیین می‌شوند. اگر راکتور مورد نظر راکتور گازی دما بالا باشد، حجم‌بندی محوری تعریف شده در کارت‌های 40000100 و 40000201 به قلب راکتور، محفظه راکتور، محفظهٔ ایمنی و مواد اطراف (درصورت وجود) به کار می‌رود. اگر طراحی راکتور شامل کانال‌های پایین‌ریز و بالارونده برای سرمایش محفظهٔ راکتور توسط گردش طبیعی هوا از محیط باشد، حجم‌بندی محوری برای این سازه‌ها نیز به کار می‌رود.

W1(I) - Number of axial nodes. The range is $2 < x < 100$.
If a HTGR is being modeled (Cards 40010000 and subsequent cards are input), the axial nodalization defined on Card 40000100 and 40000201 is applied to the reactor core, reactor vessel, reactor containment and surrounding material, if any. If the reactor design includes a downcomer and upcomer for the cooling of the reactor vessel by natural circulation of air from the atmosphere, the axial nodalization also applies to these structures.

W2(I) - Heat conduction flag. Always input the integer 1.

W3(I) - Reactor environment.
This flag identifies phenomena for modeling fuel component meltdown and fission product release.
1 = PWR.
2 = BWR.
4 = ATR.
5 = Electrically heated core.
7 = HTGR.

W4(I) - Power history type.
This flag is used to specify the decay power reduction caused by the release of volatile fission products after fuel disruption. Six different built-in correction relations are provided, as follows:
1 = Generic PWR (33,800 MWD/tU).
2 = TMI (3,250 MWD/tU).
3 = PBF Severe Fuel Damage Test Series.
4 = PBF (other test series).
5 = Full decay power.

6 = No decay power.

در پارامتر سوم، نوع راکتور انتخاب می‌شود. با انتخاب نوع راکتور، پدیده‌هایی که برای مدل‌سازی ذوب اجزای سوخت و رهایش محصولات شکافت هستند، تعیین می‌شوند. در پارامتر چهارم، نحوهٔ کاهش توان ناشی از رهایش گازهای فرار شکافت پس از خرابی سوخت، انتخاب می‌شود. شش رابطهٔ مختلف در این قسمت تدارک دیده شده است.

۴-۵-۳-۱-۲- ارتفاع‌های گره‌های محوری (کارت‌های 40000201 تا 40000299)

این کارت برای مسأله جدید اجباری است و برای مسأله آغاز مجدد قابل تغییر نمی‌باشد. دو پارامتر در این کارت تعیین می‌شود. پارامتر اول ارتفاع گرهٔ محوری و پارامتر دوم شماره گرهٔ محوری است که باید از یک روند افزایشی تبعیت کند.

W1(R) - Axial node height (m, ft). The range is 0.0 m < x < 2.0 m.

W2(I) - Axial node. Node number used for sequential expansion.

اگر نوع راکتور انتخابی از نوع گازی دما بالا باشد (W3(I) = 7 در کارت 40000100)، فقط ورودی بخش ۶-۱۰ مورد نیاز است.

۴-۵-۳-۱-۳- ذوب و اکسیدشدن میلهٔ سوخت (کارت 40000300)

این کارت و کارت‌های 40000310، 40000320 و 40000330 اختیاری هستند و باید برای محاسبات بهترین تخمین حذف شوند. هنگامی که اطلاعات برای حساسیت نتایج محاسبه شده به پارامترهای مدل‌سازی اکسیدشدن و ذوب با درجهٔ بزرگی از عدم قطعیت خواسته شود، این کارت‌ها قابل استفاده هستند. توضیحات پارامترهای این کارت‌ها در ادامه ارائه شده است.

W1(R) - Threshold temperature for re-slumping of stationary drops of relocated fuel rod cladding and dissolved fuel (K). Default value: 2800 K. Coefficient name: tmpfal.

W2(R) - Multiplier on ultimate strength of fuel rod cladding oxide layer (unitless). Default value: 2.5. Coefficient name: frcoxf.

W3(R) - Necessary fraction of coolant space filled with slumped cladding for further filling to not affect re-slumping of the slumped cladding and further filling to not affect oxidation of slumped cladding. Default = 0.55 (unitless). Coefficient name: epsox2.

W4(I) - Option to suppress oxidation of fuel rod cladding directly below a molten pool, and thereby reduce possibility of small time steps; 0 = suppress oxidation, 1 = do not suppress oxidation, default= 1.

W5(R) - Necessary fraction of coolant space filled with slumped cladding for affect on re-slumping of slumped cladding. Default value: 0.3. Coefficient name: fcirmv.

W6(R) - Threshold fraction for oxidation of slumped cladding that prevents re-slumping of this material when its metallic part melts again (unitless). Default value: 4.5 x10-2. Coefficient name: tmplos.

W7(R) - Minimum weight gain in oxygen of drops of slumped cladding before another spalling of the oxide layer on the drops occurs during reflood conditions (kg O/m^2). Default value: 1.7 x10-2. Coefficient name: cofhbs.

W8(R) - Reduction factor on necessary fraction of oxidation of slumped cladding to prevent re-slumping upon melting (unitless). Default value: 0.4. Coefficient name: exphbs. W8 is applied in full to W6 when fraction of coolant space filled with slumped material is greater than W3. W8 is applied in part when fraction coolant space filled with slumped cladding is greater than W5.

W9(R) - Multiplier applied to thickness of cladding oxide layer dissolved by dissolution into adjacent metallic layer. This thickness of dissolution is applied in equation for stress in oxide layer. Default value: 3.5 (unitless). Coefficient name: fdsinc.

۴-۵-۳-۱-۴- ذوب و اکسیدشدن میلهٔ سوخت (کارت 40000310)

W1(R) - Minimum effective fraction of surface area of intact cladding exposed to steam at location with slumped material (unitless). Default value: 0.333. Coefficient name: tdrslp.

W2(R) - Minimum thickness of oxide layer on cladding for cracking of oxide layer during reflood and quenching (m). Default value: 0.5 x 10-4. Coefficient name: tstrez.

W3(R) - Effective diffusion coefficient for oxide layer of fuel rod cladding that cracks during reflood (m^2/s). Default value: 2.x10-6. Coefficient name: vdrop.

W4(R) - Necessary value for sum of fraction of oxidation and fraction of coolant space filled with slumped material that results in durable oxide layer on fuel rod cladding at that location (unitless). Default value: 0.45. Coefficient name: blksup.

W5(R) - Multipler on fraction of coolant space filled with slumped material in inequality measuring durability of oxide layer on fuel rod cladding and used with W4(R) of this card (unitless). Default value: 0.55. Coefficient name: drpsup.

W6(I) - Input the integer “2”. This input parameter is not used.

W7(R) - Maximum rate of heatup by oxidation of intact cladding of fuel rods (W/m). Default value = 15500. Coefficient name: fdpdis.

W8(R) - Fraction of change in phase of fuel at location that results in location changing into configuration of molten pool, 0 = no melting of fuel, 1 = complete melting of fuel (unitless). Default value = 0.5. Variable name = rgptol.

W9(R) - Threshold hoop strain for double-sided oxidation of fuel rod cladding (unitless). Default value: 0.12. Coefficient name: foxmtc.

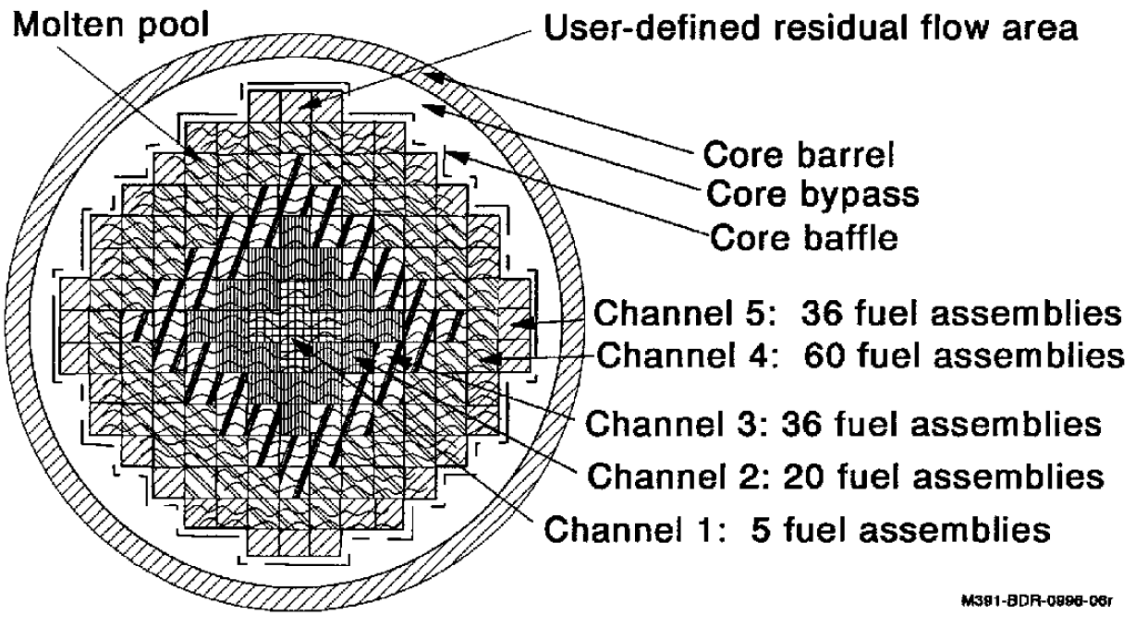
۴-۵-۳-۱-۵- گسترش و ریزش استخر مذاب (کارت 40000320)

این کارت اختیاری است. این کارت قابلیت انجام مطالعات پارامتری بر پارامترهای ویژه را به کاربر می‌دهد و برای محاسبات بهترین تخمین نیاز نیست.

W1(R) - Multiplication factor on fuel pellet diameter that defines minimum thickness that crust at bottom of molten pool must have in order to support and seal the molten pool (unitless). Default value: 1.0.

W2 (R) - Minimum fractional flow area for outer-most flow channel in reactor core after fuel rods in this channel have become molten. This parameter is intended to provide a means of comparing analyses of severe accident results which may exhibit non-symmetrical molten pools. Default value: 0.5.

در پارامتر دوم این کارت، کسر حداقل میزان سطح جریان برای خارجی‌ترین کانال قلب راکتور پس از ذوب سوخت تعیین می‌شود. منظور از خارجی‌ترین کانال در شکل نشان داده شده است.



شکل ۱۳: مسیر جریان تعریف شده توسط کاربر پس از ذوب سوخت برای خارجی‌ترین کانال جریان در قلب راکتور

۴-۵-۳-۱-۶- تکه تکه شدن میلهٔ سوخت و افت‌های جریان آوار متخلخل (کارت 40000330)

این کارت اختیاری است و تنها برای مطالعات حساسیت در شکل‌گیری و رفتار ترموهیدرولیکی آوار متخلخل به کار می‌رود. این کارت حاوی ۷ پارامتر است که توضیحات آنها در ادامه ارائه می‌شود.

W1(I) - Index for selecting flow loss model for porous debris; 3 = detailed flow loss and heat transfer model for porous debris with transition smoothing models for porous debris not applied, 4 = detailed flow loss and heat transfer model for porous debris with transition smoothing models for porous debris applied, 2 = simplified flow loss and heat transfer model for porous debris (porous debris represented as intact rods with reduced hydraulic diameter). Default value: 3. Parameter name: nsmgeo.

W2(R) - Increment of temperature above saturation temperature at which embrittled fuel rods fragment during quench (K). Default value: 100 K. Parameter name: tfrag.

W3(R) - Maximum volume fraction of vapor for application of heat transfer regime for the single phase of liquid. Default value = 0.02. Parameter name: vlqthr.

W4(R) - Maximum value of interphase drag for Tung and Dhir flow loss modelA-2 for porous debris for mist flow regime (N/m^3). Default value: 1.x109. Parameter name: fifmsm.

W5(R) - Maximum form loss coefficient for mist flow for Tung and Dhir flow loss modelA-2 for porous debris (unitless). Default value: 250. Parameter name: fmfmax.

W6(R) - Maximum value of interphase drag for Tung and Dhir flow loss model for porous debris for flow regimes other than mist flow and inverted slip flow (N/m^3). Default value: 1.x109. Parameter name: fmfmax.

W7(R) - Maximum value of interphase drag for Tung and Dhir flow loss model for porous debris for inverted slip flow regime (N/m^3). Default value: 1.x109. Parameter name: fifsgm.

۴-۵-۳-۱-۷- گرمایش گاما (کارت 40000400)

این کارت اختیاری است و در مسألهٔ آغاز مجدد قابل تغییر نیست. در این کارت کسر حرارت گاما تعیین می‌شود.

W1(R) - Gamma heat fraction. The fraction of power used to directly heat the coolant by gamma heating. The default is 0.026, and the range1 is $0.0 < x < 0.057$.

۴-۵-۳-۱-۸- اعوجاج و اکسیدشدن غلاف (کارت 40000500)

این کارت اختیاری است و برای تعریف پارامترهای بالونی شدن غلاف و دو مدل مختلف برای اکسیدشدن به کار می‌رود. این کارت برای مطالعات حساسیت و یا برای میله‌های سوخت متصل به بخش‌های بالایی غیر معمولی استفاده می‌شود.

W1(R) - Rupture hoop strain. The strain at which the cladding will rupture. The default is 0.18 and the range is $0.0 < x < W3$.

W2(R) - Always input W1 + 0.02.

W3(R) - Limit hoop strain. Strain limit for rod-to-rod contact. The default is 0.33 and the range is $0.0 < W3 < (p-2r)/p$, where p is pitch of the fuel rods and r is the fuel rod radius.

W4(I) - Pressure drop flag. Flag for modeling pressure drop due to ballooning. The default is 0.
0 = Pressure drop caused by ballooning is modeled.
1 = Pressure drop caused by ballooning is not modeled. This input is defined when a fuel rod has such a large upper plenum that a significant pressure drop does not occur as the cladding balloons. Some test rods in FzK severe fuel damage tests had such a characteristic.

W5(I) - Index for selecting model for mass transfer of H_2O from bulk fluid to cladding surface; 1 = RELAP5 model (presence of non-condensable gases such as Argon taken into account), 2= Olander model for binary diffusivity in mixtures of H_2O and H_2. Default value: 1. Parameter name: noxmod.

W6(I) - Index for selecting correlation for diffusivity of ZrO_2; 0= Olander correlation, 1=Berdyshev correlation. Default value: 0. Parameter name: mdzrdf.

۴-۵-۳-۱-۹- داده‌های توان اجزا (کارت 40000600)

این کارت الزامی است و برای مسأله آغاز مجدد قابل تغییر است. هدف این کارت تعیین توان قلب به صورت وابسته به زمان است. کارت دیگر (40CC1100) کسر توان قلب که در هر جزء ذخیره می‌شود را تعیین می‌کند. توان در استخر مذاب و یا آوار متخلخل بر اساس توان قلب اصلاح می‌شود. اگر گزینه سینتیک انتخاب شود، توان جزء با استفاده از مدل سینتیک RELAP5 محاسبه می‌شود. اگر توان وابسته به زمان با سینتیک راکتور و یا جدول تعیین شود، واحدها به صورت داخلی در نظر گرفته می‌شوند و اگر توان توسط متغیر کنترلی تعیین شود، باید بر حسب وات باشد.

W1(A) - Source of data (‘table’, ‘cntrlvar’ or ‘kinetics’).

W2(I) - Table or control variable number (if necessary).

۴-۵-۳-۱-۱۰- ارتفاع شبکهٔ نگهدارنده (کارت 40001000)

این کارت اختیاری است و برای تعریف ارتفاع هر شبکهٔ نگهدارنده به کار می‌رود. اگر این کارت استفاده نشود، شبکهٔ نگهدارنده‌ای مدل نخواهد شد. مشخصات این کارت در مسأله آغاز مجدد قابل تغییر نیستند.

W1(R) - Elevation (m, ft). Elevation of the first grid spacer. The bottom of the core is at elevation zero.

WN(R) - Elevation (m, ft). Elevation of the grid spacer n. The bottom of the core is at elevation zero. The range is 0.0 m < x < 10.0 m.

۴-۵-۳-۱-۱۱- مشخصات شبکهٔ نگهدارنده (کارت‌های 40001001 تا 40001099)

در صورتی که برای یک شبکهٔ نگهدارنده، ارتفاع تعیین شده باشد، تعیین این کارت الزامی است. این کارت در مسأله آغاز مجدد قابل تغییر نیست. این کارت‌ها باید به صورت متوالی به کار روند.

W1 (I) - Grid spacer material. Input one word per spacer.

0 = Zircaloy.
1 = Inconel.

W2(R) - Mass of grid spacer (kg, lbm). Mass per rod. Total mass of spacer divided by number of rods in array. The range is 0.0 kg < x < 0.004 kg.

W3(R) - Height of grid spacer (m, ft). The range is 0.0 m < x < 0.125 m.

W4(R) - Plate thickness of grid spacer (m, ft). The range is 0.0 m < x < 0.01 m.

W5(R) - Radius of contact (m, ft). The radius of a circle which will have the same area as the (R) contact area between the grid spacer and the fuel rod cladding. The range is 0.0 m < x <0.002 m.

W6(R) - Loss coefficient for MOD3.3.

W7(I) - Grid spacer number. Sequential expansion applies.

۴-۵-۳-۱-۱۲- تعیین حجم کنارگذر قلب (کارت‌های 40001101 تا 40001199)

این کارت‌ها برای تعیین حجم هیدرودینامیکی کنارگذر قلب که در مدل گسترش شعاعی مذاب قلب استفاده می‌شود، به کار می‌روند. این کارت‌ها برای مسأله جدید الزامی بوده و در مسأله آغاز مجدد قابل تغییر نیستند.

W1(I) - Number of the RELAP5 hydrodynamic volume at bottom of core bypass region (9-digit number).

WN(I) - Number of RELAP5 N-th hydrodynamic volume in core bypass region, where N = 2 = second volume from bottom, N = 3 = third volume from bottom, and so forth.

۴-۵-۳-۱-۱۳- ارتفاع‌های حجم کنارگذر قلب (کارت‌های 40001201 تا 40001299)

این کارت‌ها برای تعیین ارتفاع‌های حجم‌های کنارگذر قلب تعیین شده در کارت‌های قبلی، به کار می‌روند. ارتفاع‌ها از پایین قلب تا بالای قلب برای هر حجم کنترل RELAP5 تعیین می‌شوند.

W1(R) - Elevation of bypass volume 1 (m, ft). Distance from bottom of core to top of bypass Volume 1, where Volume 1 is bottom most volume in core bypass region.

WN(R) - Elevation of bypass Volume N (m, ft). Distance from bottom of core to top of bypass Volume N.

۴-۵-۳-۱-۱۴- تعریف ناحیهٔ آوار متخلخل (کارت 40001500)

این کارت برای تحلیل نیروگاه‌های هسته‌ای و یا تحلیل‌های تست‌های میله‌های سوخت به کار نمی‌رود. تنها زمانی از این کارت باید استفاده شود که تحلیل ناحیهٔ آوار متخلخل مورد نظر است. این آوار متخلخل به جای تولید شدن در اثر رشد ویرانی میله‌های سوخت، در شروع تحلیل وجود دارد.

W1(I) - Index for selecting the flow loss model for porous debris; 1 = Catton and Chung model,A-62 = Tung and Dhir model.A-2 Default value: 1. Parameter name: ndbth1.

W2(I) - Number of rings in inner part of debris region. If the debris porosity and particle size are uniform from centerline to outside surface of the debris region, then a distinction between inner and outer parts of the debris region is not made. Maximum number of rings is 16. Each ring may have a distinctive temperature and stack of RELAP5 control volumes. Default value = 1. Parameter name = ndbjin.

W3(I) - Index identifying material in inner ring of debris; 1 = stainless steel, 2 = UO2, 3 = ZrO2, 4 = Zr. Default value: 1. Parameter name: ndbmt1.

W4(R) - Porosity of debris in inner ring. Default value = 0.5. Parameter name = pordb1.

W5(R) - Diameter of particles in inner ring of debris (m). Default value: 1.×10-3m. Parameter name: diadb1

W6(R) - Power density in inner ring of debris (W/ m^3). Default value: 0.0. Parameter name: pwrdb1.

W7(I) - Number of rings in outer part of debris region. If the debris porosity and particle size are uniform from centerline to outside surface of the debris region, then omit this word and the rest of the words on this card. Maximum number of rings in inner and outer debris regions must sum to 16 or less. Default value = 0. Parameter name = ndbjot.

W8(I) - Index identifying material in outer ring of debris; 1 = stainless steel, 2 = UO2, 3 = ZrO2, 4 = Zr. Default value: 1. Parameter name: ndbmt2.

W9(R) - Porosity of debris in outer ring. Default value = 0.5. Parameter name = pordb2.

W10(R) - Diameter of particles in outer ring of debris (m). Default value: 1.×10-3m. Parameter name: diadb2

W11(R) - Power density in outer ring of debris (W/m^3). Default value: 0.0. Parameter name: pwrdb2.

۴-۵-۳-۱-۱۵- کارت کنترل ریزش قلب (کارت 40002000)

برای مسأله‌های جدید SCDAP/RELAP5، حداقل دو پارامتر اول این کارت الزامی هستند. مقادیر پیش‌فرض در کد در نظر گرفته شده است.

W1(I) - Number of the RELAP5 control volume to receive any core region material that slumps to lower head.

W2(I) - RELAP5 volume at top center of core. The bottom of this volume should be contiguous with the top of the core. This word may not be changed on RESTART.

W3(R) - Minimum flow area per fuel rod in cohesive debris in core region (m^2). The default is 1.4E-6 m^2.

پارامتر سوم به صورت زیر به کار می‌رود:

$A_o = (Pitch^2 - \pi d_r^2/4)$

d_r = diameter of rods

در صورتی که $W3/A_o > 0.1$ باشد، تولید آوار چسبناک منجر به بسته شدن کامل مسیر نمی‌شود، در غیر این صورت مسیر به طور کامل بسته می‌شود. اگر یک حجم کنترل RELAP5 همهٔ میله‌های اولیه تحلیل شده را پوشش دهد آنگاه مقدار پارامتر سوم به صورت زیر خواهد بود:

$W3(R) > 0.5\ A_o$

۴-۵-۳-۲- گزینه‌های تعریف‌شده توسط کاربر

گزینه‌های محدودی از گزینه‌ها در کد SCDAP/RELAP5 برای فعال‌سازی یا غیرفعال‌سازی مدل‌های ویژه برای ارزیابی کد وجود دارد. این گزینه‌ها با وارد کردن یک کارت با یک شمارهٔ توالی بزرگتر یا مساوی 40004001 و کوچکتر یا مساوی 40004999 فعال و یا غیرفعال می‌شوند. پارامتر اول باید یکی از عبارت‌های تعریف شده در جدول شماره ۱۲ باشد و پارامتر دوم باید مقداری مانند ستون دوم این جدول داشته باشد. این کارت‌ها اختیاری هستند.

جدول شماره ۱۲: گزینه‌های تعریف‌شده توسط کاربر

Keyword	Value	Default	Meaning
h2xport	on/off	on	When ‘off’, all oxidation calculations are performed but hydrogen is not released to the coolant stream
deform	on/off	on	When ‘off’, cladding deformation calculations are disabled.
truncate	on/off	off	When ‘on’, heat flux to coolant limited.
convect	on/off	on	When ‘off’, convection heat transfer is disabled.
rad	on/off	on	When ‘off’, radiation heat transfer is disabled.

۴-۵-۳-۳- مواد قابل تعیین توسط کاربر

کاربر می‌تواند خواص مواد با شماره‌های ۹ تا ۱۲ و ۵۰ تا ۹۵ که در کارت 4CCC0300 برای جزء shroud تعریف شده‌اند را مشخص کند. سری کارت‌های 40009NN1، 40009NN2 و 40009NN3 برای هر ماده باید تعیین شود. در این کارت‌ها NN شمارهٔ ماده است که خواص آن باید تعیین شود.

شاخص‌های مواد در جدول شماره ۱۳ ارائه شده‌اند. مواد ۵۰ تا ۵۹ به صورت جفت وارد می‌شوند. شاخص فرد مربوط به ماده و شاخص زوج مربوط به اکسید است. خواص مواد تابع دما در جدول تعریف می‌شوند. در این جدول‌ها دما متغیر مستقل و خاصیت ماده متغیر وابسته است.

جدول شماره ۱۳: شاخص و نام مواد

Index	Material
1	Zircaloy
2	Zr-U-O mixture (liquid)
3	Zr-U-O mixture (frozen)
4	Tungsten
5	ZrO2
6	Unirradiated fuel, UO2
7	Cracked fuel, UO2
8	Relocated fuel, UO2
9	Steam-gas atmosphere. User may specify properties
10	User-specified properties
11	User-specified properties
12	User-specified properties
13	Metallic uranium
14	Disabled
15	Aluminum
16	Al2O3
17	Lithium
18	Stainless steel 304
19	Stainless steel oxide
20	Control rod absorber material (Ag/In/Cd or B4C)
21	Molybdenum (heater rod wire)
22	Copper (heater rod wire)
50-59	User-specified material properties

۴-۵-۳-۳-۱- تعیین دما (کارت 40009NN0)

این کارت اختیاری است و برای تعیین دماها در موقعیت‌هایی که کاربر خواص مواد را تعریف کرده است به کار می‌رود.

اگر این کارت وارد نشود، مقادیر پیش‌فرض به این صورت است: ۳۰۰، ۵۵۰، ۷۰۰، ۸۷۳، ۱۰۸۳، ۱۱۷۳، ۱۲۴۸، ۱۷۰۰، ۲۱۰۰، ۲۵۰۰ (کلوین).

W1(R) - Temperature #1 (K, °F).

WN(R) - Temperature #2 (K, °F). A maximum of 10 data points may be entered.

۴-۵-۳-۳-۲- گرمای ویژه (کارت 40009NN1)

این کارت اختیاری است و برای مسألهٔ آغاز مجدد قابل استفاده نیست. توجه شود که کاربر ممکن است تنها خواص مواد ۹، ۱۰، ۱۱ و ۱۲ را تعیین کند. مقدار NN در این کارت شاخص ماده است.

W1(R) - Material specific heat at the ten values of temperatures shown above (J/kg.K), Btu/lb.°F

۴-۵-۳-۳-۳- تعیین چگالی (کارت 40009NN2)

این کارت اختیاری است و برای مسألهٔ آغاز مجدد قابل استفاده نیست. توجه شود که کاربر ممکن است تنها خواص مواد ۹، ۱۰، ۱۱ و ۱۲ را تعیین کند. مقدار NN در این کارت شاخص ماده است.

W1(R) - Material densities at the ten values of temperatures shown above (kg/m^3), lb/ft^3.

۴-۵-۳-۳-۴- تعیین رسانش حرارتی (کارت 40009NN3)

این کارت اختیاری است و برای مسألهٔ آغاز مجدد قابل استفاده نیست. توجه شود که کاربر ممکن است تنها خواص مواد ۹، ۱۰، ۱۱ و ۱۲ را تعیین کند. مقدار NN در این کارت شاخص ماده است.

W1(R) - Material thermal conductivity at the ten values of temperatures shown above (W/m•K), Btu/ft°F.

۴-۵-۳-۳-۵- تعیین ضریب تشعشع سطح (کارت 40009NN4)

این کارت اختیاری است و برای مسألهٔ آغاز مجدد قابل استفاده نیست. توجه شود که کاربر ممکن است تنها خواص مواد ۹، ۱۰، ۱۱ و ۱۲ را تعیین کند. مقدار NN در این کارت شاخص ماده است.

W1(R) - Material surface emissivity at the ten values of temperatures shown above (1/1).

۴-۵-۳-۳-۶- تعیین ضریب انبساط حرارتی (کارت 40009NN5)

این کارت اختیاری است و برای مسألهٔ آغاز مجدد قابل استفاده نیست. توجه شود که کاربر ممکن است تنها خواص مواد ۹، ۱۰، ۱۱ و ۱۲ را تعیین کند. مقدار NN در این کارت شاخص ماده است.

W1(R) - Material thermal expansion at the ten values of temperatures shown above (1/1).

۴-۵-۴- اجزای قلب

قلب راکتور توسط گروهی از اجزا تشکیل می‌شود. هر جزء می‌تواند شامل یک یا بیش از یک میلهٔ سوخت، میلهٔ کنترل و یا سایر اجزای قلب باشد.

۴-۵-۴-۱- میلهٔ سوخت

این جزء گروهی از میله‌های سوخت اکسید اورانیوم را تشکیل می‌دهد. شمارهٔ مربوط به این جزء cc است. فرض می‌شود همهٔ میله‌های سوختی که توسط این جزء معرفی می‌شوند، به طور یکسان رفتار می‌کنند. چند گروه از میله‌های سوخت قابل تعریف هستند. پیشنهاد می‌شود که گروه داخلی میله‌های سوخت با cc=01 شماره گذاری شود و گروه خارجی دارای بزرگترین شماره باشد.

۴-۵-۴-۱-۱- میلهٔ سوخت (کارت 40CC0000)

این کارت برای جزء میله سوخت الزامی است و برای محاسبات آغاز مجدد نباید وارد شود.

W1(A) - Component name. An eight-character name that should be descriptive of this component.

W2(A) - Component keyword. Enter the four-character word “fuel.”

۴-۵-۴-۱-۲- تعداد میله‌های سوخت، فرسایش سوخت و ترکیب غلاف و گپ (کارت 40CC0100)

این کارت برای جزء میلهٔ سوخت الزامی است و برای محاسبات آغاز مجدد نباید وارد شود.

W1(I) - Number of rods. Number of rods simulated by this component. All rods simulated by a single component are assumed to behave identically.

W2(R) - Fuel rod pitch (m, ft.). The distance from fuel rod center to fuel rod center of adjacent fuel rods. The range1 is 0.0126 M < x < 0.0187 m.

W3(R) - Average burnup of fuel (MW-s/kg). This word is optional. The default is 0.0 and the range is (MW-s/kg). $0.0 \leq x \leq 4752000.0$.

W4(I) - Index indicating composition of fuel rod cladding; 1 = Zircaloy, 2 = MA956 alloy.

W5(R) - Mole fraction of helium in gas inside fuel rod.

W6(R) - Mole fraction of xenon in gas inside fuel rod.

W7(R) - Mole fraction of krypton in gas inside fuel rod.

۴-۵-۴-۱-۳- ترکیب سوخت (کارت 40CC0110)

W1(R) - Weight fraction of ThO2 in fuel. If W1(R) and W2(R) are both equal to 0.0, then the fuel is composed only of UO2.

W2(R) - Weight fraction of PuO2 in fuel.

۴-۵-۴-۱-۴- هندسهٔ مجتمع سوخت (کارت 40CC0200)

این کارت برای جزء میلهٔ سوخت الزامی است و در محاسبات آغاز مجدد نباید به کار رود. حجم ورودی برای محاسبهٔ فشار داخلی گاز استفاده می‌شود.

W1(R) - Plenum length (m, ft.). The range is between 3% and 11% of the rod length.

W2(R) - Plenum void volume (m^3, ft^3). Enter the plenum volume less the volume occupied by the spring. The range is $0.0 < x \leq 0.000049$ m^3.

W3(R) - Lower plenum void volume (m^3, ft^3). Enter the gas volume of the lower fuel rod plenum.

۴-۵-۴-۱-۵- ابعاد میلهٔ سوخت (کارت‌های 40CC0301 تا 40CC0399)

این کارت برای جزء میلهٔ سوخت الزامی است و در محاسبات آغاز مجدد نباید به کار رود. ابعاد شعاعی مواد میلهٔ سوخت برای هر گرهٔ محوری تعیین می‌شود.

W1(R) - As-fabricated fuel pellet radius (m, ft.). The range is $0.00385\ m \leq x \leq 0.00685\ m$. If this component represents a water rod, then define a fuel pellet radius of 1×10^{-4} m.

W2(R) - As-fabricated inner cladding radius (m, ft.). The range is $W1 < x < W3$ and $0.003935\ m \leq x \leq 0.00634\ m$.

W3(R) - As-fabricated outer cladding radius (m, ft.). The range is $W2 < x <$ W2Card4ccc0100/2 and $0.00457\ m \leq x \leq 0.00715\ m$.

W4(I) - Axial node.

۴-۵-۴-۱-۶- حجم‌های هیدرولیکی بخش بالایی و پایینی (کارت 40CC0400)

این کارت برای جزء میلهٔ سوخت الزامی است و در محاسبات آغاز مجدد نباید به کار رود. حجم‌هایی از RELAP5 که به عنوان چاه حرارتی برای پوستهٔ پایین و یا بالای یک استخر مذاب عمل می‌کنند، در این کارت تعیین می‌شوند.

W1(I) - RELAP5 control volume located just above fuel rod.

W2(I) - RELAP5 control volume located just below fuel rod.

۴-۵-۴-۱-۷- حجم‌های هیدرولیکی (کارت‌های 40CC0401 تا 40CC0499)

این کارت برای جزء میلهٔ سوخت الزامی است و در محاسبات آغاز مجدد نباید به کار رود. این کارت حجم‌هایی از RELAP5 که شرایط مرزی اجزای قلب را تعیین می‌کنند را مشخص می‌کند. یک حجم هیدرودینامیکی باید برای هر گره محوری جزء تعیین شود، ولی همان حجم هیدرودینامیکی ممکن است برای تعدادی از گره‌های محوری تعریف شود. این کارت از یک شمارهٔ حجم و یک میزان افزایش مبتنی بر قالب RELAP5 استفاده می‌کند تا شرایط مرزهای چپ و راست برای هر سازهٔ حرارتی را تعیین کند. برای اطلاعات بیشتر به کارت CCCG501 در سازه‌های حرارتی RELAP5 مراجعه شود.

W1(I) - RELAP5 control volume number. This word specifies the hydrodynamic control volume number (of the form CCCNN0000) associated with the surface of this component. One volume number must be specified for each axial node of the component, starting with the bottom node (Node 1).

W2(I) - Increment. This word (of the form NN0000) and W1 of this card are treated differently from the standard sequential expansion. W1 applies to the first axial node within a set. The increment is applied to W1 to obtain the volume connected to the next axial node. The increment is repeated up to the axial node identified by W3. W1 of the next set applies to the next axial node, and increments are applied as for the first set. The increment may be zero or nonzero, positive or negative.

W3(I) - Axial node.

۴-۵-۴-۱-۸- فاصلهٔ گرهٔ شعاعی (کارت‌های 40CC0501 تا 40CC0599)

این کارت برای جزء میلهٔ سوخت الزامی است و در محاسبات آغاز مجدد نباید به کار رود. این کارت، گره‌بندی شعاعی را تعیین می‌کند. برای حجم‌بندی صحیح، همهٔ شماره‌ها برای یک گرهٔ خاص محوری باید با یک شمارهٔ کارت تعیین شود. در صورت نیاز می‌توان از کارت ادامه استفاده کرد. گره‌بندی شعاعی به یکی از دو روش زیر امکان‌پذیر است.

روش اول:

تعداد بازه‌های مکانی که در هر ماده باید استفاده شود، تعیین شود. کد فاصلهٔ شعاعی در هر ماده را به تعداد بازه‌های با طول مساوی تقسیم خواهد کرد. تعداد گره‌های شعاعی برابر n+1 خواهد بود که برابر است با تعداد بازه‌های تعیین شده بعلاوه یک. حداکثر تعداد گره‌های شعاعی ۲۰ گره است.

W1(I) - Number of equally spaced intervals across fuel.

W2(I) - Number of intervals across gap. One interval is recommended.

W3(I) - Number of equally spaced intervals across cladding.

W4(I) - Axial node number.

روش دوم:

موقعیت محوری هر گرهٔ شعاعی برای هر گره محوری تعیین شود. در این روش، کاربر باید در وارد کردن همان تعداد گره‌های شعاعی برای هر گره محوری دقت کند، اگرچه موقعیت گره‌های شعاعی برای هر گره قابل تغییر است. حداکثر تعداد گره‌های شعاعی ۲۰ گره است.

W1(R) - Radius to radial node 1 (m, ft). Enter pellet center radius of 0.0.

WN(R) - Radius to radial node N (m, ft.). Enter radial node N. Radial nodes must be placed at least at the material interfaces (i.e., fuel pellet radius, and cladding inner radius). Radial nodes must be entered in ascending order and end with the last node placed on the cladding outer surface.

WN+1(I) - Axial node.

۴-۵-۴-۱-۹- دماهای اولیه (کارت‌های 40CC0601 تا 40CC0699)

این کارت برای جزء میلهٔ سوخت الزامی است و در محاسبات آغاز مجدد نباید به کار رود.

W1 (R) - Temperature (K, ^{o}F). Initial temperature at Radial Node 1. The range is 300 K < x < 3,123 K.

WN (R) - Temperature N (K, ^{o}F). Enter an initial temperature for each radial node to radial node N, which is the last radial node. The range is 300 K < x < 3,123 K.

WN+1(I) - Axial node. Input temperature at each radial node.

۴-۵-۴-۱-۱۰- مشخصات مواد (کارت‌های 40CC0801 تا 40CC0899)

این کارت برای جزء میلهٔ سوخت الزامی است و در محاسبات آغاز مجدد نباید به کار رود. در این کارت کاربر باید شاخص‌های مواد برای اجزا را وارد کند. حداکثر سه شاخص ماده باید تعیین شوند.

مقادیر پیش‌فرض برای جزء میلهٔ سوخت دی اکسید اورانیوم (شاخص ۶)، گپ (شاخص ۹) و آلیاژ زیرکونیوم (شاخص ۱) است. برای مشاهدهٔ شاخص‌ها به جدول شماره ۱۳ مراجعه شود.

W1(I) - Material index for material layer closest to center of rod.

W2(I) - Material index for next material layer.

WN(I) - Material index for nth material layer.

۴-۵-۴-۱-۱۱- ضریب توان (کارت 40CC1100)

این کارت اختیاری است و در آن کسری از کل توان قلب که در این جزء تولید می‌شود، تعیین می‌گردد. روش تعیین توان به این صورت است: ابتدا در کارت، توان کل وابسته به زمان (کارت 40000600) تعیین می‌شود. سپس ضریب توان یک جزء در این کارت که کسری از توان قلب که سهم این جزء است، تعیین می‌شود. توان در یک میلهٔ سوخت می‌تواند با تقسیم توان جزء بر تعداد میله‌های سوخت موجود در آن جزء حاصل شود. نرخ تولید توان خطی در یک گره محوری با ضرب توان میله در ضریب توزیع توان محوری (کارت‌های 40C13P0 و 40C13P1-9) و تقسیم کردن مقدار حاصل بر طول گرهٔ محوری به دست می‌آید. چگالی توان در در یک گرهٔ شعاعی با ضرب تولید حرارت خطی محلی در ضریب توان شعاعی (کارت‌های 40CC1401 تا 40CC1499) و تقسیم کردن مقدار حاصل بر سطح مقطع مربوط به گرهٔ شعاعی به دست می‌آید.

W1(R) - Fraction. This is the fraction of the core power in this component. The range for this power multiplier is $0.0 \leq x \leq 1.0$, and the default is 0.0.

۴-۵-۴-۱-۱۲- زمان به کارگیری توزیع محوری توان (کارت 40CC13P0)

در این کارت، P شمارهٔ توزیع توان محوری است که از ۱ شروع می‌شود. این کارت الزامی است و در مسأله آغاز مجدد نباید وارد شود.

W1(R) - End time for which this axial power profile applies (s).

۴-۵-۴-۱-۱۳- اطلاعات توزیع توان محوری (کارت‌های 40CC13P1 تا 40CC13P9)

شمارهٔ گذاری P در این کارت، مشابه کارت پیشین است. اطلاعات این کارت برای هر توزیع توان لازم است و باید برای هر گرهٔ محوری جزء تعیین شود. این کارت کسری از توان میله که سهم گرهٔ محوری است را تعیین می‌کند. این مقدار می‌تواند در طول کل میله نرمال شده باشد.

W1...(R) - Axial power factor at axial nodes. The range is $0.1 \leq x \leq 1.4$, and the default is 1.0.

۴-۵-۴-۱-۱۴- توزیع توان شعاعی (کارت‌های 40CC1401 تا 40CC1499)

این کارت برای جزء میلهٔ سوخت الزامی است و در محاسبات آغاز مجدد نباید به کار رود. ضریب توان شعاعی برای تعیین چگالی توان در هر گرهٔ شعاعی، بر اساس نرخ تولید حرارت محلی استفاده می‌شود. در اینجا مقدار تعیین شده برای گرهٔ آخر شعاعی باید در شعاع خارجی قرص سوخت در نظر گرفته شود. محدودهٔ مجاز این پارامتر $x \leq 20$ است و مقدار پیش‌فرض آن برابر ۱ در نظر گرفته می‌شود.

W1(R) - Radial power factor.

W2(I) - Radial node at which W1(R) applies.

۴-۵-۴-۱-۱۵- زمان خاموشی و چگالی سوخت (کارت 40CC1500)

این کارت برای جزء میلهٔ سوخت الزامی است و در محاسبات آغاز مجدد نباید به کار رود.

W1(R) Time of reactor shutdown (s). This word is required. If fuel rod power is being calculated by the RELAP5 reactor kinetics model (W2 = kinetics on Card 40000600), then W1 = 1×10^8 s.

W2(R) Fraction of fuel theoretical density. This word is required. The range of the fraction of fuel theoretical density is $0.94 \leq x \leq 0.96$.

۴-۵-۴-۱-۱۶- تاریخچهٔ توان قبلی (کارت‌های 40CC1601 تا 40CC1699)

این کارت اختیاری است و در مسأله آغاز مجدد قابل تغییر نیست. تاریخچهٔ توان برای تعیین مقدار اولیهٔ موجودی محصولات شکافت (PARAGRASS) نیاز است. فرض می‌شود که یک تاریخچهٔ توان و یا موجودی محصولات شکافت (به کارت بعدی مراجعه شود) پیش از فعال‌سازی محاسبات PARAGRASS تعیین خواهند شد.

فرض می‌شود توان مقدار مسطحی بدون میان‌یابی دارد. آخرین چگالی توان در این جدول چگالی توان گذره پیش از اتمام زمان مسأله است. در این جدول، زمان به شروع عملکرد راکتور ارجاع داده می‌شود و نه بر اساس شروع زمان تحلیل گذره.

W1(R) - Power history (W/m^3). The range is $40.57\times10^6 W/m^3 \leq x \leq 279.3\times10^6 W/m^3$.

W2(R) - Time (s).

۴-۵-۴-۱-۱۷- محصولات شکافت رهگیری شونده توسط مدل PARAGRASS (کارت 40CC2000)

این کارت برای جزء میلهٔ سوخت اختیاری است و نباید در مسأله آغاز مجدد استفاده شود. این کارت زمانی به کار می‌رود که موجودی اولیهٔ محصولات شکافت نباید توسط کد بر اساس تاریخچهٔ توان محاسبه شود.

W1... (A) - Species name. Enter the species (xe, kr, cs, i) to be tracked.

۴-۵-۴-۱-۱۸- جرم اجزای مدل PARAGRASS (کارت‌های 40CC2001 تا 40CC2099)

این کارت تنها زمانی که کارت 40CC2000 به کار رفته باشد، الزامی است.

W1(R) - Mass of species (kg, lb/m). Enter the initial mass of the first species specified on Card 40CC2000.

WN(R) - Mass of species N (kg, lb/m). Enter the initial mass of the next species specified on Card 40CC2000 and repeat until all species masses specified on Card 40CC2000 have been entered.

۴-۵-۴-۱-۱۹- محصولات شکافتی که باید توسط مدل CORSOR رهگیری شوند (کارت 40CC2100)

این کارت اختیاری است و در مسأله آغاز مجدد قابل تغییر نمی‌باشد.

W1... (A) Species name. Enter the species (te, zr, sr, fe, ru, zr, ba) to be tracked.

۴-۵-۴-۱-۲۰- جرم اولیهٔ محصولات شکافت (کارت‌های 40CC2101 تا 40CC2199)

این کارت تنها زمانی که کارت 40CC2100 به کار رفته باشد، الزامی است.

W1(R) - Mass of species (kg, lb/m). Enter the initial mass of the first species specified on Card 40CC2100.

WN(R) - Mass of species N (kg, lb/m). Enter the initial mass of the next species specified on Card 40CC2100 and repeat until all species masses specified have been entered.

۴-۵-۴-۱-۲۱- محصولات شکافت گپ (کارت 40CC2200)

این کارت اختیاری است و در مسأله آغاز مجدد قابل تغییر نمی‌باشد. این کارت معمولاً به کار نمی‌رود و موجودی محصولات شکافت در گپ توسط مدل رهایش گازهای شکافت تعیین می‌شود.

W1... (A) - Species name. Enter the species (xe, kr, cs, i, te) to be tracked.

۴-۵-۴-۱-۲۲- جرم اولیهٔ محصولات شکافت گپ (کارت‌های 40CC2201 تا 40CC2299)

این کارت تنها زمانی که کارت 40CC2200 به کار رفته باشد، الزامی است.

W1(R) - Mass of species (kg, lb/m). Enter the initial mass of the first species specified on Card 40CC2200.

WN(R) - Mass of species N (kg, lb/m). Enter the initial mass of the next species specified on Card 40CC2200 and repeat until all species masses specified have been entered.

۴-۵-۴-۱-۲۳- فشار اولیهٔ گاز (کارت 40CC3000)

این کارت الزامی است و نباید در مسأله آغاز مجدد به کار رود.

W1(R) - Helium gas as-fabricated inventory in an individual fuel rod in this component group (kg).

W2(R) - Internal gas pressure in rod (Pa). (This value is used only to define a first guess of initial internal pressure for iteration procedure, so accurate values not required.)

۴-۵-۴-۱-۲۴- فشار وابسته به زمان (کارت‌های 40CC3201 تا 40CC3299)

این کارت اختیاری است و اگر استفاده نشود، تغییراتی در شرایط مرزی برای محاسبهٔ توزیع دما در میلهٔ سوخت طی دورهٔ فرسایش سوخت قبل از گذره رخ نخواهد داد. معمولاً این کارت استفاده نمی‌شود.

W1(R) - Time (s). The time to which the axial surface temperature profile and fuel average hydrostatic pressure are used

W2(R) - Cladding surface temperature (K).

W3(R) - Fuel hydrostatic pressure (Pa).

۴-۵-۴-۱-۲۵- گزینه‌های تعریف مدل (کارت 40CC4000)

این کارت اختیاری است و نباید در مسأله آغاز مجدد به کار رود. گزینه‌های این کارت با توجه به جدول شماره ۱۴ توسط کاربر انتخاب می‌شوند. حالت پیش‌فرض هر مدل off است.

W1(A) - Keyword to identify optional model to be applied.

W2(A) - Flag specifying whether to apply model. (‘on’ or ‘off’).

جدول شماره ۱۴: مدل قابل انتخاب توسط کاربر

Keyword	Value	Meaning if ‘ON’
limit	on / off	Oxidation is limited due to rate of steam diffusion through hydrogen.

۴-۵-۴-۱-۲۶- رسانش گپ (کارت‌های 40CC5101 تا 40CC5199)

این کارت اختیاری است و در مسألهٔ آغاز مجدد قابل تغییر نمی‌باشد. این کارت برای تطابق بهتر توزیع دمای حالت پایای محاسبه شده توسط SCDAP با توزیع دمای حالت پایای مستقل حاصل از مدل رسانش گپ استفاده می‌شود. به عبارت دیگر، کارت‌های 40CC5101 و 40CC5201 برای برابر قرار دادن انرژی داخلی میله‌های سوخت در آغاز گذره با انرژی داخلی محاسبه شده توسط یک کد میلهٔ سوخت تحلیل حالت پایای تفصیلی مانند FRAPCON3 استفاده می‌شوند. اگر این کارت‌ها استفاده نشوند، رسانش گپ توسط کد محاسبه خواهد شد.

W1(R) - Gap conductance at steady-state conditions just before start of transient ($W/m^2•K$, $Btu/s•ft^2×^oF$)

W2(I) - Axial node.

۴-۵-۴-۱-۲۷- رسانش حرارتی سوخت (کارت‌های 40CC5201 تا 40CC5299)

این کارت اختیاری است و در مسألهٔ آغاز مجدد قابل تغییر نمی‌باشد.

W1(R) - Fuel thermal conductivity multiplier. The default is 1.0.

W2(I) - Axial node.

۴-۵-۴-۲- شبیه‌ساز

این بخش نحوهٔ تعریف گروهی از شبیه‌سازهای میلهٔ سوخت که به صورت الکتریکی گرم می‌شوند شرح داده می‌شود.

۴-۵-۴-۲-۱- جزء شبیه‌ساز (کارت 40CC0000)

این کارت برای جزء شبیه‌ساز الزامی است و در حال حاضر امکان استفاده از آن در مسألهٔ آغاز مجدد وجود ندارد.

W1(A) - Component name.

W2(A) - Component type - cora.

۴-۵-۴-۲-۲- تعداد میله‌ها (کارت 40CC0100)

این کارت برای جزء شبیه‌ساز الزامی است و در حال حاضر امکان استفاده از آن در مسألهٔ آغاز مجدد وجود ندارد.

W1(I) - Number of rods.

W2(R) - Rod pitch (m). The range is $0.0126\ m \leq x \leq 0.0187\ m$.

۴-۵-۴-۲-۳- هندسهٔ میلهٔ شبیه‌ساز (کارت 40CC0200)

این کارت برای جزء شبیه‌ساز الزامی است و در حال حاضر امکان استفاده از آن در مسألهٔ آغاز مجدد وجود ندارد. دو متغیر ورودی نیاز است.

W1(R) - Plenum length (m, ft), the range is between 3% and 11% of the rod length.

W2(R) - Plenum volume (m^3). The range is $0.0 < x \leq 0.000049\ m^3$.

W3(R) - Lower plenum volume, if applicable (m^3, ft^3).

۴-۵-۴-۲-۴- شرایط مرزی بخش بالایی (کارت 40CC0250)

در این کارت، اطلاعات چاه دما که برای مدل‌سازی محاسبات رسانش از بالای میلهٔ شبیه‌ساز تعیین می‌شود. این کارت اختیاری است و در مسألهٔ آغاز مجدد قابل استفاده نیست.

W1(A) - Keyword. The default is no axial heat conduction is modeled.

control = sink temperature defined by control variable.

table = sink temperature define by general table.

W2(I) Upper boundary control variable or RELAP5 table number.

۴-۵-۴-۲-۵- شرایط مرزی بخش پایین (کارت 40CC0251)

در این کارت، اطلاعات چاه دما که برای مدل‌سازی محاسبات رسانش از پایین میلهٔ شبیه‌ساز تعیین می‌شود. این کارت اختیاری است و در مسألهٔ آغاز مجدد قابل استفاده نیست.

W1(A) - Keyword. The default is no axial heat conduction is modeled.

control = sink temperature defined by control variable.

table = sink temperature define by general table.

W2(I) - Lower boundary control variable or RELAP5 table number.

۴-۵-۴-۲-۶- المان گرم‌کننده (کارت 40CC0300)

این کارت برای هر جزء شبیه‌ساز الزامی است و در مسألهٔ آغاز مجدد قابل استفاده نیست.

W1(R) - Radius of tungsten (m, ft). The remaining words are required for special option ‘cora’ not equal to zero.

W2(R) - Resistance in flexible cabling (OHMS). The remaining words are required for special option ‘cora’ > 0.

W3(R) - Radius of Molybdenum (ft, m).

W4(I) - Number of electrode zones.

۴-۵-۴-۲-۷- ابعاد شبیه‌ساز (کارت‌های 40CC0301 تا 40CC0399)

این کارت برای جزء شبیه‌ساز الزامی است و در مسألهٔ آغاز مجدد قابل استفاده نیست.

W1(R) - Fuel pellet radius (m). The range is 0.00385 m $\leq$ x $\leq$ 0.00685 m.

W2(R) - Inner cladding radius (m). The range is W1 < x < W3 and 0.003935 m $\leq$ x $\leq$ 0.00634 m.

W3(R) - Outer cladding radius (m). The range is W2 < x < W2Card4CCC0100/2 and 0.00457 m $\leq$ x $\leq$ 0.00715 m.

W4(I) - Axial node number.

۴-۵-۴-۲-۸- حجم‌های هیدرولیکی بخش بالایی و پایینی (کارت 40CC0400)

این کارت الزامی است و برای مسألهٔ آغاز مجدد قابل استفاده نیست.

W1(I) - RELAP5 volume located above simulator rod.

W2(I) - RELAP5 volume located below simulator rod.

۴-۵-۴-۲-۹- حجم‌های هیدرولیکی (کارت‌های 40CC0401 تا 40CC0499)

این کارت الزامی است و برای مسألهٔ آغاز مجدد قابل استفاده نیست.

W1(I) - RELAP5 volume number. One volume number for each axial node, starting with Node 1.

۴-۵-۴-۲-۱۰- فضای گره‌های شعاعی (کارت‌های 40CC0501 تا 40CC0599)

این کارت الزامی است و برای مسألهٔ آغاز مجدد قابل استفاده نیست. اطلاعات این کارت‌ها می‌توانند به یکی از دو روش تعیین شوند.

روش اول:

تعداد بازه‌های مکانی که در هر ماده باید استفاده شود را تعیین کنید. کد فاصلهٔ شعاعی در هر ماده را به تعداد بازه‌های با طول مساوی تقسیم خواهد کرد. تعداد گره‌های شعاعی برابر n+1 خواهد بود که برابر است با تعداد بازه‌های تعیین شده بعلاوه یک.

W1(I) - Number of equally spaced intervals across fuel.

W2(I) - Number of intervals across gap. One interval is recommended.

W3(I) - Number of equally spaced intervals across cladding.

W4(I) - Axial node number.

روش دوم:

موقعیت محوری هر گرهٔ شعاعی برای هر گره محوری را تعیین کنید. در این روش، کاربر باید در وارد کردن همان تعداد گره‌های شعاعی برای هر گره محوری دقت کند، اگرچه موقعیت گره‌های شعاعی برای هر گره قابل تغییر است.

W1(R) - Radius to radial node 1 (m, ft). Enter pellet center radius of 0.0.

WN(R) - Radius to radial node N (m, ft.). Enter radial node N. Radial nodes must be placed at least at the material interfaces (i.e., fuel pellet radius, and cladding inner radius). Radial nodes must be entered in ascending order and end with the last node placed on the cladding outer surface.

WN+1(I) - Axial node.

۴-۵-۴-۲-۱۱- دماهای اولیه (کارت‌های 40CC0601 تا 40CC0699)

این کارت الزامی است و برای مسألهٔ آغاز مجدد قابل استفاده نیست.

W1... (R) - Initial temperature at radial node 1 (K). The range is 300 K < x < 3,123 K.

۴-۵-۴-۲-۱۲- ضریب توان (کارت 40CC1100)

این کارت دقیقاً مشابه کارت ضریب توان برای میلهٔ سوخت است.

۴-۵-۴-۲-۱۳- زمان اعمال توزیع توان محوری (کارت 40CC13P0)

این کارت مشابه کارت مربوط به میلهٔ سوخت با همین شماره است.

۴-۵-۴-۲-۱۴- داده‌های توزیع توان محوری (کارت‌های 40CC13P1 تا 40CC13P9)

این کارت مشابه کارت مربوط به میلهٔ سوخت با همین شماره است.

۴-۵-۴-۲-۱۵- توزیع توان شعاعی (کارت‌های 40CC1401 تا 40CC1499)

این کارت مشابه کارت مربوط به میلهٔ سوخت با همین شماره است.

۴-۵-۴-۲-۱۶- زمان خاموشی و چگالی سوخت (کارت 40CC1500)

این کارت مشابه کارت مربوط به میلهٔ سوخت با همین شماره است.

۴-۵-۴-۲-۱۷- حجم حجم‌های خارجی (کارت 40CC9000)

این کارت اختیاری است و برای مسألهٔ آغاز مجدد قابل استفاده نیست. حجم احجام خارجی که ممکن است به حجم‌های خالی میله‌های گرم‌شوندهٔ الکتریکی متصل شوند، در این کارت تعیین می‌شود. تا ۱۰ حجم خارجی قابل تعریف است.

W1... (R) - Volume of external volumes (m^3, ft^3).

۴-۵-۴-۲-۱۸- تاریخچهٔ دمای حجم خارجی (کارت‌های 40CC9001 تا 40CC9099)

این کارت اختیاری است و برای مسألهٔ آغاز مجدد قابل استفاده نیست. این کارت برای تعیین تاریخچهٔ دمای حجم‌های خارجی تعیین شده در کارت قبل، استفاده می‌شود. در پارامتر اول، زمان و در پارامتر دوم، دما در آن زمان تعیین می‌شود. پارامتر دوم برای هر حجم خارجی تعیین شده در کارت قبلی، تکرار می‌شود. حداکثر ۱۰ دما برای هر زمان قابل تعریف است.

W1(R) - Time (s).

W2... (R) - Temperature of external volume.

۴-۵-۴-۳- جزء میلهٔ کنترل راکتور آب تحت فشار

۴-۵-۴-۳-۱- تعیین جزء (کارت 40CC0000)

این کارت برای تعریف جزء میلهٔ کنترل الزامی است.

W1(A) Component name.

W2(A) Component type - control.

۴-۵-۴-۳-۲- تعداد میله‌های کنترل (کارت 40CC0100)

این کارت برای تعریف میله‌های کنترل الزامی است و در مسألهٔ آغاز مجدد قابل استفاده نیست.

W1(I) - Number of rods. The range is $1 \leq x$.

W2(R) - Control rod pitch (m). If a fuel rod component is entered, the control rod pitch should be equal to the pitch of the fuel rod, if it is in the same bundle.

۴-۵-۴-۳-۳- مواد میله‌های کنترل (کارت 40CC0300)

این کارت اختیاری است و برای مسألهٔ آغاز مجدد به کار نمی‌رود. این کارت برای تعیین مواد غیر استاندارد میلهٔ کنترل به کار می‌رود. مواد پیش‌فرض شامل مواد جاذب میله‌های کنترل (نقره-ایندیوم-کادمیوم)، فولاد ضدزنگ و آلیاژ زیرکونیوم است. در این کارت سه ماده با استفاده از جدول شماره ۱۳ تعیین می‌شود.

۴-۵-۴-۳-۴- هندسه میله‌های کنترل (کارت‌های 40CC0301 تا 40CC0399)

این کارت الزامی است و برای مسألهٔ آغاز مجدد به کار نمی‌رود.

W1(R) - Outer radius of control rod absorber (m, ft). The range is $0.0 < x < W2$.

W2(R) - Outer radius of stainless steel sheath (m). The range is $W1 < x \leq W3$.

W3(R) - Inner radius of zircaloy guide tube (m). The range is $W2 \leq x < W4$.

W4(R) - Outer radius of zircaloy guide tube (m).

W5(I) - Axial node for sequential expansion.

۴-۵-۴-۳-۵- حجم‌های پایین و بالای میلهٔ کنترل (کارت 40CC0400)

این کارت الزامی است و برای مسألهٔ آغاز مجدد به کار نمی‌رود.

W1(I) - RELAP5 control volume located above control rod.

W2(I) - RELAP5 control volume located below control rod.

۴-۵-۴-۳-۶- حجم‌های هیدرودینامیکی (کارت‌های 40CC0401 تا 40CC0499)

در این کارت حجم‌های هیدرودینامیکی RELAP5 که شرایط مرزی میله‌های کنترل را تعیین می‌کنند، مشخص می‌شوند. یک حجم هیدرودینامیکی باید برای هر گرهٔ محوری جزء تعیین شود. در این کارت شماره حجم کنترل، مقدار افزایش شماره برای تطابق با قالب RELAP5 در تعیین شرایط مرزی سازهٔ حرارتی چپ و راست و شمارهٔ گره تعیین می‌شوند.

W1(I) - RELAP5 volume number.

W2(I) - Increment.

W3(I) - Axial node. Sequential expansion applies.

۴-۵-۴-۳-۷- فضای گره‌های شعاعی (کارت‌های 40CC0501 تا 40CC0599)

این کارت الزامی است و برای مسألهٔ آغاز مجدد به کار نمی‌رود. این کارت به دو روش قابل استفاده است. حداقل پنج و حداکثر ۲۰ گرهٔ شعاعی در این کارت قابل تعیین است. گره‌ها باید با روند متوالی برای گره داخلی با شعاع صفر وارد شوند. گره‌های دیگر شعاعی باید در شعاع خارجی مواد جاذب، شعاع خارجی غلاف فولادی و شعاع داخلی و خارجی لولهٔ هادی زیرکونیومی قرار گیرند.

روش ۱:

W1(I) - Number of equally spaced intervals across the absorber material.

W2(I) - Number of equally spaced intervals across the stainless steel sheath.

W3(I) - Number of equally spaced nodes across the zircaloy guide tube.

W4(I) - Axial node number for sequential expansion.

روش ۲:

W1(R) - Radial mesh spacing (m). Radial dimension of Node 1.

WN(R) - Radial mesh spacing (m). Radial dimension of Node N.

WN+1(I) - Axial node number.

۴-۵-۴-۳-۸- دماهای اولیه (کارت‌های 40CC0601 تا 40CC0699)

این کارت برای جزء میلهٔ کنترل الزامی است و در مسألهٔ آغاز مجدد قابل تغییر نیست.

W1(R) - Temperature (K, °F). Initial temperature at Radial Node 1. The range is 300 K ≤ x ≤ 3,123 K.

WN(R) - Temperature N (K, °F). Enter an initial temperature for each radial node to radial node n, which is the last radial node. The range is 300 K ≤ x ≤ 3,123 K.

WN+1(I) - Axial node.

۴-۵-۴-۳-۹- فشار گاز داخلی (کارت 40CC0700)

این کارت اختیاری است. در این کارت فشار گاز در میلهٔ کنترل تعیین می‌شود. مقدار پیش‌فرض برای این پارامتر، صفر است.

W1(R) - Internal Gas Pressure (Pa, psi)

۴-۵-۴-۳-۱۰- توان ورودی (کارت 40CC1100)

این کارت اختیاری است و مشابه کارت توان ورودی برای میله‌های سوخت است. در صورتی که این کارت استفاده نشود، ضریب توان برابر صفر برای یک توزیع توان محوری و شعاعی برای میلهٔ کنترل در نظر گرفته می‌شود.

۴-۵-۴-۴- میله‌های کنترل راکتور آب جوشان

۴-۵-۴-۴-۱- تعریف جزء (کارت 40CC0000)

W1(A) - Component name. Descriptive of role in system.

W2(A) - Component type - bwr.

۴-۵-۴-۴-۲- تعداد میله‌های کنترل (کارت 40CC0100)

W1(I) - Number of rods in component.

۴-۵-۴-۴-۳- هندسهٔ میله‌های کنترل (کارت‌های 40CC0301 تا 40CC0399)

W1(R) - Outer radii for B_4C absorber. The range is 0.0 m < x < W2.

W2(R) - Stainless steel cladding outer radii. The range is W1 < x < 0.00935 m.

W3(I) - Axial number for sequential expansion.

۴-۵-۴-۴-۴- حجم‌های بالا و پایین (کارت 40CC0400)

این کارت الزامی است و در مسألهٔ آغاز مجدد قابل تغییر نیست.

W1(I) - RELAP5 volume located above BWR rod.

W2(I) - RELAP5 volume located below BWR rod.

۴-۵-۴-۴-۵- حجم‌های هیدرولیکی (کارت‌های 40CC0401 تا 40CC0499)

این کارت الزامی است و در مسألهٔ آغاز مجدد قابل تغییر نیست.

W1(I) - RELAP5 volume number. One word for each axial node.

۴-۵-۴-۴-۶- دماهای اولیه (کارت‌های 40CC0601 تا 40CC0699)

این کارت الزامی است و در مسألهٔ آغاز مجدد قابل تغییر نیست.

W1(R) - B4C absorber initial temperature. The range is 300 K ≤ x ≤ 1,723 K.

W2(R) - Stainless steel cladding initial temperature. The range is 300 K ≤ x ≤ 1,723 K.

۴-۵-۴-۵- جزء کانال و تیغهٔ کنترل راکتور آب جوشان

این کارت حاوی ابعاد فیزیکی، اطلاعات هیدرولیکی، شرایط اولیه و اطلاعات فضای شعاعی برای هر جزء کانال و تیغهٔ کنترل راکتور آب جوشان است.

۴-۵-۴-۵-۱- نوع و نام جزء (کارت 40CC0000)

این کارت برای این جزء الزامی است و در مسألهٔ آغاز مجدد قابل تغییر نیست.

W1(A) - Component name. This is a descriptive name selected by the user. On most computers, there is an eight-character limit.

W2(A) - Component type. Specify the keyword “bladebox.”

۴-۵-۴-۵-۲- تعداد سازه‌های این جزء (کارت 40CC0100)

این کارت برای این جزء الزامی است و در مسألهٔ آغاز مجدد قابل تغییر نیست.

W1(I) - Number of individual BWR blade/box structures in this component. An individual blade/box structure consists of half of a control blade divided along the centerline of the row of absorber tubes (other half is symmetric) with length equal to Word 1 on Card 4CCC0300 and a channel box with length equal to the sum of Words 1 and 2 on Card 4CCC0300. The total mass represented by this component is equal to the mass of an individual blade/box structure multiplied by the value on this card. The range is 1 ≤ x.

۴-۵-۴-۵-۳- ابعاد شعاعی (کارت 40CC0200)

این کارت برای این جزء الزامی است و در مسألهٔ آغاز مجدد قابل تغییر نیست.

W1(I) - Number of absorber tubes in a control blade wing. This variable is used only to specify the relative proportions of a control blade wing. The length (wetted perimeter) of a control blade is specified in Word 1 on Card 4CCC0300. The range is $1 \leq x$.

W2(R) - Inside diameter of stainless steel absorber tube (m, ft). The range is $0.0 \leq x \leq 0.0070$ m.

W3(R) - Thickness of stainless steel absorber tube wall (m, ft). The range is $0.0 \leq x \leq 0.0013$ m.

W4(R) - Thickness of gap between absorber tube and control blade sheath (m, ft). Specify a thickness of 0.0 to eliminate the additional thermal resistance associated with this gap. The range is $0.0 \leq x \leq 0.0003$ m.

W5(R) - Thickness of stainless steel control blade sheath (m, ft). The range is $0.0 \leq x \leq 0.0030$ m.

W6(R) - Distance between control blade and channel box (m, ft). The range is $0.0 \leq x \leq 0.0100$ m.

W7(R) - Thickness of zircaloy channel box wall (m, ft). The range is $0.0 \leq x \leq 0.0050$ m.

W8(R) - Distance between channel box and first row of fuel rods (m, ft). The range is $0.0 \leq x \leq 0.0080$ m.

۴-۵-۴-۵- طول‌ها و ضرایب دید (کارت 40CC0300)

این کارت برای این جزء الزامی است و در مسألهٔ آغاز مجدد قابل تغییر نیست.

W1(R) - Length (wetted perimeter) of control blade and channel box segment number 1 (m, ft). The range is $0.0 \text{ m} \leq x$.

W2(R) - Length (wetted perimeter) of channel box segment 2 (m, ft). This is the portion of the channel box not adjacent to a control blade. The range is $0.0 \text{ m} \leq x$.

W3(R) - Geometric view factor from channel box segment 1 to control blade. This factor is based on the area of channel box segment 1. The range is $0.0 \leq x \leq 1.0$.

W4(R) - Geometric view factor from channel box segment 2 to control blade. This factor is based on the area of channel box segment 2. The range is $0.0 \leq x \leq 1.0$.

۴-۵-۴-۵-۵- شمارهٔ حجم‌های بالایی و پایینی (کارت 40CC0400)

این کارت برای این جزء الزامی است و در مسألهٔ آغاز مجدد قابل تغییر نیست.

W1(I) - Volume number of hydraulic volume just above the fuel bundle volumes specified in Word 1 on Cards 4CCC0401 through 4CCC0499.

W2(I) - Volume number of hydraulic volume just below the fuel bundle volumes specified in Word 1 on Cards 4CCC0401 through 4CCC0499.

۴-۵-۴-۵-۶- اتصالات حجم‌ها (کارت‌های 40CC0401 تا 40CC0499)

این کارت برای این جزء الزامی است و در مسألهٔ آغاز مجدد قابل تغییر نیست.

W1(I) - Volume number of hydraulic volume connected to fuel bundle side of channel box axial node. This is the first volume number used in the sequential expansion. Each subsequent volume number is generated by adding the increment specified in Word 3.

W2(I) - Volume number of hydraulic volume connected to control blade axial node and interstitial side of channel box axial node. This is the first volume number used in the sequential expansion. Each subsequent volume number is generated by adding the increment specified in Word 3.

W3(I) - Volume number increment. This increment may be positive, negative, or zero.

W4(I) - Axial node number used for the sequential expansion. The node numbers specified on these cards must be in ascending, but not necessarily consecutive, order. The range is $1 \leq x \leq N$, where N is the number of axial nodes specified on Card 40000100.

۴-۵-۴-۵-۷- ضخامت اولیهٔ اکسید (کارت 40CC0500)

این کارت اختیاری است و در مسألهٔ آغاز مجدد قابل تغییر نیست.

W1(R) - Initial thickness of ZrO_2 layer on fuel bundle side of channel box (m, ft). The thicknesses for the two channel box segments and all axial nodes are identical. The default is 0.0 m and the range is $0.0\ m \leq x \leq 0.5*W7$ on Card 4CCC0200.

W2(R) - Initial thickness of ZrO_2 layer on interstitial side of channel box (m, ft). The thicknesses for the two channel box segments and all axial nodes are identical. The default is 0.0 m and the range is $0.0\ m \leq x \leq 0.5*W7$ on Card 4CCC0200.

W3(R) - Initial thickness of stainless steel oxide layer on control blade surfaces (m, ft). The thicknesses for all axial nodes are identical. The default is 0.0 m and the range is $0.0\ m \leq x \leq$ MIN (W3 on Card 4CCC0200, 0.5*W5 on Card 4CCC0200).

۴-۵-۴-۵-۸- دماهای اولیه (کارت‌های 40CC0601 تا 40CC0699)

این کارت برای این جزء الزامی است و در مسألهٔ آغاز مجدد قابل تغییر نیست.

W1(R) - Initial temperature of control blade (K, ^oF). The temperatures of the three control blade radial nodes are identical at each axial node. The range is $300 \leq x \leq 1{,}505$ K.

W2(R) - Initial temperature of channel box (K, ^oF). The temperatures of the two channel box segments are identical at each axial node. The range is $300 \leq x \leq 1{,}523$ K.

W3(I) - Axial node number used for the sequential expansion. The node numbers specified on these cards must be in ascending, but not necessarily consecutive, order. The range is $1 \leq x \leq N$, where N is the number of axial nodes specified on Card 40000100.

۴-۵-۴-۵-۹- پراکندگی شعاعی قطاع ۱ (کارت‌های 40CC0701 تا 40CC0799)

این کارت اختیاری است و در مسألهٔ آغاز مجدد قابل تغییر نیست. برای هر جزئی که می‌تواند از کانال قطاع ۱ مواد مذاب دریافت کند، یک کارت تعیین می‌شود. اگر اجزایی که مواد مذاب از کانال قطاع ۱ مواد مذاب دریافت می‌کنند، وجود نداشته باشد، نیازی به این کارت نیست.

W1(I) - Component number of fuel rod or electrically-heated simulator rod component that can receive molten material from channel box segment 1.

W2(R) - Mass fraction of molten material from channel box segment 1 received by component specified in Word 1. The range for individual mass fractions is $1.0e\text{-}6 \leq x \leq 1.0$. The sum of all mass fractions on Cards 4CCC0701 through 4CCC0799 must be unity.

۴-۵-۴-۵-۱۰- پراکندگی شعاعی قطاع ۲ (کارت‌های 40CC0801 تا 40CC0899)

این کارت اختیاری است و در مسألهٔ آغاز مجدد قابل تغییر نیست. برای هر جزئی که می‌تواند از کانال قطاع ۲ مواد مذاب دریافت کند یک کارت تعیین می‌شود. اگر اجزایی که مواد مذاب از کانال قطاع ۲ مواد مذاب دریافت می‌کنند، وجود نداشته باشد، نیازی به این کارت نیست.

W1(I) - Component number of fuel rod or electrically-heated simulator rod component that can receive molten material from channel box segment 2.

W2(R) - Mass fraction of molten material from channel box segment 2 received by component specified in Word 1. The range for individual mass fractions is $1.0e\text{-}6 \leq x \leq 1.0$. The sum of all mass fractions on Cards 4CCC0801 through 4CCC0899 must be unity.

۴-۵-۴-۶- جزء پوشش

از این جزء برای مدل‌سازی سازه‌هایی مانند پوشش دور یک مجتمع سوخت در یک راکتور تست و بازتابندهٔ دور یک قلب راکتور می‌توان استفاده کرد.

۴-۵-۴-۶-۱- نام جزء (کارت 40CC0000)

این کارت برای این جزء الزامی است و در مسألهٔ آغاز مجدد قابل استفاده نیست.

W1(A) - Component name.

W2(A) - Keyword - shroud.

۴-۵-۴-۶-۲- تعداد اجزای پوشش (کارت 40CC0100)

این کارت برای این جزء الزامی است و در مسألهٔ آغاز مجدد قابل استفاده نیست.

W1(I) - Number of shrouds.

۴-۵-۴-۶-۳- هندسهٔ پوشش (کارت 40CC0200)

این کارت برای این جزء الزامی است و در مسألهٔ آغاز مجدد قابل استفاده نیست.

W1(R) - Perimeter of inner shroud surface (m, ft). Required input.

۴-۵-۴-۶-۴- شاخص مواد (کارت 40CC0300)

این کارت برای این جزء الزامی است و در مسألهٔ آغاز مجدد قابل استفاده نیست. یک جزء پوشش باید حداکثر از سه ماده تشکیل شود (حتی اگر همهٔ مواد یک شماره داشته باشند) و مقدار حداکثر توسط پارامتر ndmatr در بلوک عمومی scddat تعیین می‌شود.

W1... (I) - Material index. Material layers beginning with outer layer (radial node 1 is at outer edge of outer layer). The default materials are Zr, ZrO_2, and Zr.

۴-۵-۴-۶-۵- مختصات شعاعی لایهٔ مواد (کارت‌های 40CC0301 تا 40CC0399)

این کارت برای این جزء الزامی است و در مسألهٔ آغاز مجدد قابل استفاده نیست.

W1... (R) - Coordinate of outer surface of each material layer (m). Assuming the outer surface of shroud has coordinate of "0.0", enter the remaining coordinates in consecutive order. Each material interface must fall on a mesh point.

۴-۵-۴-۶-۶- حجم‌های هیدرولیکی بالایی و پایینی (کارت 40CC0400)

این کارت برای این جزء الزامی است و در مسألهٔ آغاز مجدد قابل استفاده نیست.

W1(I) - RELAP5 control volume just above the shroud.

W2(I) - RELAP5 control volume just below the shroud.

۴-۵-۴-۶-۷- شرایط مرزی هیدرولیکی (کارت‌های 40CC0401 تا 40CC0499)

این کارت برای جزء پوشش الزامی است و در مسألهٔ آغاز مجدد قابل استفاده نیست. در این کارت حجم کنترل RELAP5 که شرایط مرزی این جزء را تعیین می‌کند، معرفی می‌شود. معمولاً دو حجم کنترل برای هر گرهٔ محوری تعریف می‌شود.

ولی تنها برای جزء پوشش، قابلیت تعیین شرایط مرزی حرارتی در سطح خارجی پوشش فراهم است. این کار با تعیین مقدار صفر برای حجم هیدرودینامیکی خارجی و سپس به کار گرفتن کارت 40CC8000 انجام می‌شود.

W1(I) - RELAP5 control volume number that is in contact with the inner surface of the shroud. This inner surface overlays the maximum radial node number for the shroud.

W2(I) - RELAP5 control volume number that is in contact with the outer surface of the shroud. This outer surface overlays radial node number 1. Enter “zero” if adiabatic boundary at the outer surface of shroud (outer surface is at radial node 1).

W3(I) - Increment.

W4(I) - Axial node number.

۴-۵-۴-۶-۸- فضای گره‌های شعاعی (کارت‌های 40CC0501 تا 40CC0599)

این کارت موقعیت گره‌های شعاعی در جزء پوشش را تعیین می‌کند. حل رسانش حرارتی در هر گره انجام می‌شود. گره‌های شعاعی در یک خط عمود بر سطح خارجی پوشش تعریف می‌شوند و مختصات شعاعی از گره واقع در سطح خارجی به سمت سطح داخلی افزایش می‌یابد. موقعیت صفر در این مختصات در سطح خارجی پوشش قرار دارد و موقعیت مختصات در سطح داخلی برابر ضخامت پوشش است.

در بررسی ورودی، اولین گرهٔ شعاعی لازم است در موقعیت صفر قرار داشته باشد، شمارهٔ گره‌ها افزایشی باشد و یک گره در هر سطح مواد قرار داشته باشد. تنها برای گرهٔ محوری اول، همهٔ گره‌های شعاعی باید در یک کارت قرار گیرند، حتی اگر لازم باشد از کارت ادامه استفاده کرد. حداکثر تعداد گره‌های شعاعی ۲۰ عدد است.

این کارت الزامی است و برای مسألهٔ آغاز مجدد نباید استفاده شود.

W1... (R) - Input “0.0”.

WN(R) - Distance from outer surface of shroud to radial node N (m).

WN+1(I) - Axial node number.

۴-۵-۴-۶-۹- دمای اولیه (کارت‌های 40CC0601 تا 40CC0699)

این کارت الزامی است و برای مسألهٔ آغاز مجدد نباید استفاده شود.

W1(R) - Initial temperature at radial node 1(K).

WN(R) - Initial temperature at radial node N (K).

WN+1(I) - Axial node number. The range is 300 K ≤ x ≤ 2,033 K

۴-۵-۴-۶-۱۰- تعداد کانال‌های جریان داخل پوشش (کارت 40CC0800)

این کارت به کاربر امکان تعریف کانال جریان داخل پوشش را می‌دهد. این کارت اختیاری است و برای مسألهٔ آغاز مجدد نباید استفاده شود.

W1(I) - Number of the interval between radial nodes that contains embedded hydrodynamic flow channels, where internal number 1 is between radial nodes 1 and 2.

۴-۵-۴-۶-۱۱- کانال جریان داخل پوشش (کارت 40CC0801 تا 40CC0899)

اگر کارت 40CC0800 استفاده شده باشد، این کارت الزامی است.

W1(I) - Hydrodynamic volume, linked to embedded flow channel at the lowest axial node.

W2(I) - Increment. Number to be added to W1 to form hydrodynamic volumes for each volume above W1.

۴-۵-۴-۶-۱۲- استخر مذاب (کارت 40CC0900)

این کارت اختیاری است و در صورت استفاده، واکنش بین استخر مذاب و جزء پوشش را کنترل می‌کند.

W1(I) - Molten pool interaction flag; optional flag to determine whether or not shroud interfaces with molten pool. If “0” is entered then no interaction is modeled, if “1” is entered, then interaction is modeled. Default is to model shroud interaction with molten pool.

W2(R) - Threshold thickness (m, ft). Threshold thickness of liquefied structural material for breakup of crust of solidified molten pool material at periphery of core. If maximum possible rate of melting of structure at periphery of core due to interaction with molten pool is to be modeled, this word should be 0.0, if minimum, this word should be 1.0.

۴-۵-۴-۶-۱۳- ضریب توان (کارت 40CC1100)

این کارت مشابه کارت ضریب توان برای جزء میلهٔ سوخت است.

۴-۵-۴-۶-۱۴- زمان توزیع توان محوری (کارت 40CC13P0)

این کارت الزامی است و در مسألهٔ آغاز مجدد قابل استفاده نیست. P در این کارت شمارهٔ توزیع توان محوری است. که با ۱ شروع می‌شود.

W1(R) - End time for which this axial power profile applies (s).

۴-۵-۴-۶-۱۵- داده‌های توزیع توان محوری (کارت‌های 40CC13P1 تا 40CC13P9)

شماره‌گذاری P در این کارت‌ها مشابه کارت قبل است. اطلاعات این کارت برای هر توزیع توان لازم است و باید برای هر گرهٔ محوری جزء پوشش تعیین شود. این ورودی کسر توان سهم هر گرهٔ محوری را تعیین می‌کند. کسر توان محوری در طول جزء نرمالیزه می‌شود.

W1... (R) - Axial power factor at axial nodes. The range is $0.1 \leq x \leq 1.4$, and the default is 1.0.

۴-۵-۴-۶-۱۶- توزیع توان شعاعی (کارت‌های 40CC1499 تا 40CC1499)

این کارت اختیاری است و برای مسألهٔ آغاز مجدد قابل استفاده نیست. ضریب توان شعاعی برای تعیین چگالی توان در هر گرهٔ شعاعی مبتنی بر نرخ تولید گرمای محلی به کار می‌رود. آخرین گرهٔ شعاعی باید در شعاع خارجی قرص سوخت قرار گیرد. حداکثر تعداد گرهٔ شعاعی ۲۰ عدد است و ضریب توان پیش‌فرض برابر ۱ است.

W1(R) - Radial power factor.

W2(I) - Radial node at which W1(R) applies.

۴-۵-۴-۶-۱۷- خرابی و عایق پوشش (کارت 40CC5000)

این کارت الزامی است و برای مسألهٔ آغاز مجدد قابل استفاده نیست.

W1(I) - Index of material that has its insulation quality degraded after shroud fails. This index must be one of the indexes on Card 40CC0300.

W2(R) - Time at which shroud fails. After the time of shroud failure, both sides of the metallic Zr liner on the inside surface of the shroud are calculated to oxidize. In addition, a multiplier is applied to thermal conductivity of the shroud insulation.

W3(R) - Multiplier on thermal conductivity for failed shroud.

۴-۵-۴-۶-۱۸- شرایط مرزی شار حرارتی (کارت 40CC8N01 تا 40CC8N99)

این کارت‌ها برای تعیین جدول شار حرارتی به صورت تابعی از زمان برای به کار رفتن در سطح خارجی پوشش، به کار می‌روند. این کارت تنها زمانی خوانده می‌شود که حجم هیدرودینامیکی برای سطح خارجی شرایط مرزی برابر صفر قرار داده شده باشد. عدد صدگان که با N نشان داده می‌شود، برای تعیین شمارهٔ توزیع شار حرارتی برای نقطهٔ nام زمان به کار می‌رود. به گونه‌ای که اولین توزیع باید در کارت‌های 40CC8101 تا 40CC8199، و توزیع دوم در کارت‌های 40CC8201 تا 40CC8299 باید وارد شوند.

دو قالب برای این کارت‌ها قابل استفاده است. در قالب اول، زمان در پارامتر اول و شار حرارتی در پارامتر دوم بدون هیچ ورودی اضافه وارد می‌شوند. در این روش شار حرارتی برای همهٔ گره‌های محوری جزء به کار خواهد رفت. در قالب دوم، زمان در پارامتر اول و یک سری شارهای حرارتی در پارامتر دوم تا N ام وارد می‌شوند که N برابر تعداد گره‌های محوری بعلاوه یک است. در این روش پارامتر دوم، شار حرارتی گرهٔ شعاعی اول، پارامتر سوم، شار حرارتی گرهٔ شعاعی دوم و الی آخر تعیین می‌شود.

این کارت الزامی است و برای مسألهٔ آغاز مجدد قابل استفاده نیست.

W1(R) - Time (s).

W2(R) - Heat flux (W/m^2, $Btu/s\text{-}ft^2$).

۴-۵-۴-۷- المان سوخت ATR

۴-۵-۴-۷-۱- جزء المان سوخت (کارت 40CC0000)

این کارت برای این جزء الزامی است و در مسألهٔ آغاز مجدد قابل تغییر نمی‌باشد.

W1(A) - Component name.

W2(A) - Keyword - atr.

۴-۵-۴-۷-۲- تعداد و محیط المان سوخت (کارت 40CC0100)

این کارت برای این جزء الزامی است و در مسألهٔ آغاز مجدد قابل تغییر نمی‌باشد.

W1(A) - Number of fuel elements.

W2(R) - Average fuel element perimeter (m).

۴-۵-۴-۷-۳- حجم‌های هیدرولیکی بالایی و پایینی (کارت 40CC0100)

این کارت برای این جزء الزامی است و در مسألهٔ آغاز مجدد قابل تغییر نمی‌باشد.

W1(I) - RELAP5 volume above the fuel element.

W2(I) - RELAP5 volume below the fuel element.

۴-۵-۴-۷-۴- حجم‌های هیدرولیکی داخلی (کارت‌های 40CC0401 تا 40CC0450)

این کارت برای این جزء الزامی است و در مسألهٔ آغاز مجدد قابل تغییر نمی‌باشد.

W1(I) - RELAP5 volume numbers connected to the inner surface.

۴-۵-۴-۷-۵- حجم‌های هیدرولیکی خارجی (کارت‌های 40CC0451 تا 40CC0499)

این کارت برای این جزء الزامی است و در مسألهٔ آغاز مجدد قابل تغییر نمی‌باشد.

W1(I) - RELAP5 volume numbers connected to the outer surface.

۴-۵-۴-۷-۶- فضای گره‌های شعاعی (کارت‌های 40CC0601 تا 40CC0699)

این کارت برای این جزء الزامی است و در مسألهٔ آغاز مجدد قابل تغییر نمی‌باشد.

W1(R) - Radial node spacing (m). Starting from the outer surface. Uses axial self-expansion.

۴-۵-۴-۷-۷- توزیع اولیهٔ دما (کارت‌های 40CC0601 تا 40CC0699)

این کارت برای این جزء الزامی است و در مسألهٔ آغاز مجدد قابل تغییر نمی‌باشد.

W1(R) - Initial temperature (K). For each radial node at present axial node. Uses axial and radial self-expansion. The range is 300 K $\leq$ x $\leq$ 913 K.

۴-۵-۴-۷-۸- نوع مواد (کارت‌های 40CC0801 تا 40CC0899)

این کارت برای این جزء الزامی است و در مسألهٔ آغاز مجدد قابل تغییر نمی‌باشد.

W1(I) - Material index. The first and last index numbers must be 15 or 16. Also, the number of material indexes specified must equal the number of material layers specified on the next card. Must be constant with axial nodes, the numbers are used for consistency.

۴-۵-۴-۷-۹- فضای لایه‌های مواد (کارت‌های 40CC0901 تا 40CC0999)

W1(R) - Material layer spacing (m). Starting from outer layer. Must be constant with axial nodes, the numbers are used for consistency.

۴-۵-۴-۷-۱۰- ضریب توان (کارت 40CC1100)

این کارت اختیاری است. اگر این کارت استفاده نشود، تولید توان در این جزء صفر در نظر گرفته می‌شود. برای تعیین توان توسط جدول یا متغیر کنترلی، تنها یک پارامتر باید تعیین شود. زمانی که توان توسط سینتیک نقطه‌ای راکتور محاسبه شود، باید سه پارامتر تعیین شوند.

W1(R) - Fraction. If power is specified with ‘table’ or ‘cntlvar’, this is the fraction of the core power in this component. If power is specified with ‘kinetics’ this is the fraction of the fission power in component ‘CC’.

W2(R) - If ‘kinetics’, fraction of fission product decay power in component ‘CC’.

W3(R) - If ‘kinetics’, fraction of actinide decay power in component ‘CC’.

The range for all fractions are $0.0 \leq x \leq 1.0$

۴-۵-۴-۷-۱۱- زمان اعمال توزیع توان محوری (کارت 40CC13P0)

در این کارت P شماره توزیع توان محوری است که با یک شروع می‌شود. این کارت الزامی است و برای مسألهٔ آغاز مجدد قابل تغییر نیست.

W1(R) - End time (s).

۴-۵-۴-۷-۱۲- داده‌های توزیع توان محوری (کارت‌های 40CC13P9 تا 40CC13P1)

این کارت برای این جزء الزامی است و در مسألهٔ آغاز مجدد قابل تغییر نمی‌باشد.

W1... (R) - Axial power factor at axial nodes. P axial power profile number. The range is $0.1 \leq x \leq 1.4$.

۴-۵-۴-۷-۱۳- توزیع توان شعاعی (کارت‌های 40CC1401 تا 40CC1499)

این کارت برای این جزء الزامی است و در مسألهٔ آغاز مجدد قابل تغییر نمی‌باشد.

W1(R) - Radial power factor.

W2(I) - Radial node at pellet surface. The last radial node that is input must align with the outer radius of the fuel pellet. The range is $x \leq 20$.

۴-۵-۴-۷-۱۴- زمان خاموشی و چگالی سوخت (کارت 40CC1500)

این کارت اختیاری است و در مسألهٔ آغاز مجدد قابل تغییر نمی‌باشد.

W1(R) - Time of shutdown (s). This card is required. Default is 1.0e8.

W2(R) - Fraction of fuel theoretical density. This card is required. The range is $0.94 \leq x \leq 0.96$. Default is 0.95.

W3(R) - U239 production per fission. This word is required only if the power for this component is computed using the decay option.

W4(R) - U235 enrichment. This word is required only if the power for this component is computed using the decay option.

۴-۵-۴-۷-۱۵- تاریخچهٔ توان قبلی (کارت‌های 40CC1601 تا 40CC1699)

این کارت اختیاری است و برای مسألهٔ آغاز مجدد قابل استفاده نیست. تاریخچهٔ توان برای محاسبات گرمای واپاشی قابل تعریف است و برای تعیین موجودی آغازین محصولات شکافت (PARAGRASS) مورد نیاز است. فرض می‌شود که توان به

صورت تخت بدون میان‌یابی است. آخرین چگالی توان در این جدول، چگالی توان گذرا تا زمانی که زمان مسأله به زمان خاموشی برسد، می‌باشد. زمان در این جدول به شروع عمل کردن راکتور و نه به تحلیل گذره ارجاع داده می‌شود.

W1(R) - Power history (W/m^3). The range is $40.57\times10^6 W/m^3 \le x \le 279.3\times10^6 W/m^3$.

W2(R) - Time (s).

۴-۵-۴-۷-۱۶- جرم‌های محصولات شکافت (کارت‌های 40CC2101 تا 40CC2199)

این کارت الزامی است.

W1(R) - Initial mass of fission product NN (kg).

W2(I) - Axial node for sequential expansion.

۴-۵-۵- سازهٔ بخش بالایی و مدل صفحهٔ قلب

در این بخش کارت‌های ورودی مورد نیاز برای استفاده از مدل سازه‌های بخش بالایی و صفحهٔ زیر قلب در کد RELAP5 ارائه می‌شوند. هر کارت سازهٔ بخش بالایی با شمارهٔ 48SSTTNN آغاز می‌شود. در این شماره، SS شمارهٔ سازهٔ بخش بالایی، TT نوع کارت و NN شمارنده کارت است.

مقادیر ورودی سازه‌های بخش بالایی در شش کارت که شامل اطلاعات حجم‌بندی، ابعاد فیزیکی، شرایط اولیه و شرایط مرزی هیدرولیکی برای هر سازهٔ مختلف بخش بالایی است، وارد می‌شوند. در ورودی می‌توان ۱۰ سازهٔ بخش بالایی تعریف کرد. اگرچه این محدودیت با تغییر مقدار پارامتر NMUPD و کامپایل کردن مجدد SCDAP/RELAP قابل تغییر است.

پارامترهای این بخش را می‌توان با واحد SI و یا واحد انگلیسی تعیین نمود. واحد پارامترها در پارامتر اول کارت ۱۰۲ در کد RELAP5 تعیین می‌شود.

برای کمک به کاربر، متغیرهای ورودی با محدودهٔ مربوط به هر متغیر بررسی می‌شوند و در صورت خارج از محدوده بودن، پیغام اخطار در خروجی چاپ می‌شود. این پیغام محاسبات را متوقف نمی‌کند، ولی پیغام خطا منجر به توقف محاسبات پس از اتمام پردازش ورودی می‌شود.

۴-۵-۵-۱- سطوح محوری (کارت 48SS0000)

این کارت الزامی است و برای مسألهٔ آغاز مجدد قابل استفاده نمی‌باشد.

W1(I) - Total number of axial levels. The range is $1 \leq x \leq 15$. The upper limit of 15 axial levels can be increased by changing the value of parameter NMUPAX and recompiling SCDAP/RELAP5-3D.

۴-۵-۵-۲- داده‌های گره‌ها (کارت‌های 48SS0101 تا 48SS0199)

این کارت‌ها الزامی هستند و برای مسألهٔ آغاز مجدد قابل استفاده نیستند. برای هر سطح محوری NN باید یک کارت تعریف شود.

W1.. (R) - Initial lengths of nodes along conduction path (m, ft). For each axial level, specify one word for each conduction node. The number of words on a card defines the total number of conduction nodes at that axial level. The first word is the initial length of the left (or bottom) node, and the last word is the initial length of the right (or top) node. The range for the total number of conduction nodes at an axial level is $1 \leq x \leq 6$. The range of the initial lengths of nodes is 1.0e-6 m $\leq x$. The upper limit of 6 conduction nodes at an axial level can be increased by changing the value of parameter NMUPCN and recompiling SCDAP/RELAP5-3D.

۴-۵-۵-۳- داده‌های سطح و جابجایی (کارت‌های 48SS0201 تا 48SS0299)

این کارت‌ها الزامی است و برای مسألهٔ آغاز مجدد قابل تغییر نمی‌باشد. برای این کارت‌ها باید روند افزایشی استفاده شود.

W1(R) - Heat transfer surface area (m^2, ft^2). The surface areas of the left (or bottom) and right (or top) nodes at an axial level are identical. The range is 0.0 $m^2 < x$.

W2(I) - Flag indicating surface orientation. Specify 0 for a vertical orientation or 1 or 2 for a horizontal orientation. If a horizontal structure is located at an axial level directly below a vertical structure, then a flag of 1 indicates that the horizontal surface blocks downward relocation from only the right surface, and a flag of 2 indicates that the horizontal surface blocks downward relocation from both the left and right surfaces. The range is x = 0, 1, or 2.

W3(R) - Height along vertical relocation path (m, ft). The heights of the left and right nodes at an axial level are identical. For a horizontal surface, this height must be specified, but is not used. The range is 1.0e-6 m $\leq x$.

W4(I) - Axial level used for sequential expansion. The axial levels specified on these cards must be in ascending, but not necessarily consecutive order. The range is $1 \leq x \leq N$, where N is the total number of axial levels specified on Card 48SS0000.

۴-۵-۵-۴- ضخامت اولیهٔ اکسید (کارت 48SS0300)

این کارت اختیاری است و در مسألهٔ آغاز مجدد قابل تغییر نیست.

W1(R) - Initial thickness of left (or bottom) oxide layer (m, ft). The thicknesses for all axial levels are identical. The default is 0.0 m and the range is 0.0 m $\leq x \leq$ N where N is the initial length (or half of the

initial length when there is only one node at an axial level) of the smallest right (or top) node specified on Cards 48SS0101 through 48SS0199.

W2(R) - Initial thickness of right (or top) oxide layer (m, ft). The thicknesses for all axial levels are identical. The default is 0.0 m and the range is 0.0 m ≤ x ≤ N where N is the initial length (or half of the initial length when there is only one node at an axial level) of the smallest left (or bottom) node specified on Cards 48SS0101 through 48SS0199.

۴-۵-۵-۵- دماهای اولیه (کارت‌های 48SS0401 تا 48SS0499)

این کارت‌ها الزامی هستند و در مسألهٔ آغاز مجدد قابل تغییر نیستند. برای هر سطح محوری nn باید یک کارت 48SS04NN به کار رود.

W1.. (R) - Initial temperatures of nodes (K, oF). For each axial level, specify one word for each conduction node defined on Cards 48SS0101 through 48SS0199. The first word on a card is the initial temperature of the left (or bottom) node, and the last word is the initial temperature of the right (or top) node. The range is 300 K ≤ x ≤ N where N is the melting temperature of the metal.

۴-۵-۵-۶- شرایط مرزی هیدرولیکی (کارت‌های 48SS0501 تا 48SS0599)

این کارت‌ها الزامی هستند و در مسألهٔ آغاز مجدد قابل تغییر نمی‌باشند.

W1(I) - Volume number of hydraulic volume adjacent to left (or bottom) node. This is the first volume number used in the sequential expansion. Each subsequent volume number is generated by adding the increment specified in Word 3.

W2(I) - Volume number of hydraulic volume adjacent to right (or top) node. This is the first volume number used in the sequential expansion. Each subsequent volume number is generated by adding the increment specified in Word 3.

W3(I) - Volume number increment. This increment may be positive, negative, or zero.

W4(I) - Axial level used for sequential expansion. The axial levels specified on these cards must be in ascending, but not necessarily consecutive order. The range is 1 ≤ x ≤ N, where N is the total number of axial levels specified on Card 48SS0000.

۴-۵-۶- انتقال حرارت تشعشعی

کد SCDAP/RELAP5 دارای قابلیت مدل‌سازی انتقال حرارت تشعشع در بین گروهی از اجزای قلب است. هر گروه که یک ناحیه نامیده می‌شود، متشکل از کانال‌های جریان مجزا و یک آرایه از میله‌های مختلف که از طریق تشعشع تبادل حرارت می‌کنند می‌باشد. اگر اجزای SCDAP یک قلب راکتور را مدل‌سازی کنند، آنگاه یک ناحیهٔ تشعشع به صورت نرمال

برای یک دسته میله در هر حجم کنترل RELAP5 که جریان سیال عبوری از میان قلب راکتور را مدل می‌کند، تعریف می‌شود.

۴-۵-۶-۱- شمارهٔ ناحیهٔ تشعشع

ورودی انتقال حرارت تشعشع توسط عدد ۴۹ در ابتدای کارت شناسایی می‌شود. در این کارت‌ها NN شمارهٔ ناحیهٔ تشعشع است.

۴-۵-۶-۱-۱- اجزای ناحیه تشعشع (کارت 49NN0000)

این کارت الزامی است و در مسألهٔ آغاز مجدد قابل استفاده نیست. حضور این کارت باعث می‌شود پردازش ورودی انتقال حرارت تشعشعی انجام شود.

W1(A) - Keyword '**bundle**'.

۴-۵-۶-۲- ضریب دید و طول مسیر تعیین شده توسط کاربر

برای ضریب دید و طول مسیر یکی از سری کارت‌های ۱۰۰۰ یا ۲۰۰۰ نیاز هستند. کارت‌های سری ۱۰۰۰ به کاربر امکان تعیین ضرایب دید تشعشع و طول‌های مسیر در ورودی را می‌دهد، درحالی که کارت‌های سری ۲۰۰۰ باعث می‌شوند ضرایب دید و طول‌های مسیر به طور خودکار تولید شوند. در صورتی‌که یک ناحیه شامل جزء کانال و تیغهٔ راکتور آب جوشان باشد، باید از کارت‌های سری ۱۰۰۰ استفاده کرد.

۴-۵-۶-۲-۱- تعداد اجزا در ناحیهٔ تشعشع (کارت 49NN1000)

این کارت اختیاری است و در مسألهٔ آغاز مجدد قابل استفاده نیست.

W1.. (I) - List of component numbers in the enclosure.

۴-۵-۶-۲-۲- ضرایب دید (کارت‌های 49NN1099 تا 49NN1001)

این کارت اختیاری است و در مسألهٔ آغاز مجدد قابل استفاده نیست. این ورودی باید یک ماتریس مربعی از ضرایب دید باشد. به عنوان مثال، پارامتر سوم ردیف دوم، ضریب دید از جزء سوم تعیین شده در کارت 49NN1000 به جزء دوم تعیین شده در کارت 49NN1000 است.

W1.. (R) - View factors.

۴-۵-۶-۲-۳- طول مسیر (کارت‌های 49NN1199 تا 49NN1101)

این کارت اختیاری است و در مسألهٔ آغاز مجدد قابل استفاده نیست. مشابه کارت قبلی، این ورودی باید یک ماتریس مربعی از طول‌های مسیر تشعشع تعریف شود.

W1.. (R) - Radiation path lengths.

۴-۵-۶-۳- ضریب دید و طول مسیر محاسبه شده توسط کد

۴-۵-۶-۳-۱- گام میله‌ها (کارت 49NN2000)

W1(R) - Pitch (m). Pitch of rods in enclosure.

W2(I) - Component number of shroud enclosing this enclosure. This word is optional, and if omitted then the array of fuel rods are regarded as not being enclosed by a shroud.

۴-۵-۶-۳-۲- شرح ناحیهٔ تشعشع (کارت‌های 49NN2001 تا 49NN2099)

حداکثر اندازهٔ آرایه ndcomp × ndcomp است که ndcomp حداکثر تعداد اجزای قابل مدل‌سازی توسط کد است.

W1.. (I) Matrix of integers identifying the component in each slot of the enclosure. If any of these components has a diameter greater than W1 on Card 49NN2000, then option for code calculation of view factors cannot be selected. Instead the view factors must be defined by the user in the A20.2 block of input.

۴-۵-۷- کارت‌های کنترل COUPLE

این کارت‌ها برای محاسبات COUPLE به کار می‌روند و در مسألهٔ جدید و مسألهٔ آغاز مجدد قابل استفاده هستند. محاسبهٔ COUPLE با کارت 50000000 آغاز می‌شود. کارت 5M010000 برای هر گرهٔ M به کار می‌رود.

۴-۵-۷-۱- تعریف COUPLE (کارت 50000000)

هنگامی که یک گرهٔ COUPLE باید وارد شود، این کارت الزامی است.

W1(A) - Keyword. ‘couple’

W2(A) - Input format. Enter the keyword ‘old’ for old-style (formatted) input, or ‘new’ for unformatted, RELAP5 card number style input.

۴-۵-۷-۲- انتقال حرارت در سطح خارجی بخش پایینی (کارت 50004000)

این کارت اختیاری است و در صورت استفاده برای کنترل روابط انتقال حرارت خارج از محفظهٔ راکتور برای سطوح خارجی بخش پایینی مستغرق در یک استخر آب به کار می‌رود.

W1(I) - Containment volume. This volume is the number of a hydrodynamic volume representing the containment. Any COUPLE node which has this volume specified as the hydrodynamic volume for convective heat transfer will use the ex-vessel heat transfer correlations.

W2(R) - Heat transfer coefficient. The heat transfer coefficient to use for vapor phase heat transfer, when the node is modeled as being uncovered.

W3(I) - Correlation flag. Integer flag describing which set of boiling correlations to use. Two sets of correlations are currently available. Set 1 (W3 = 1) is a set of correlations for heat transfer to subcooled fluid. Set 2 (W3 = 2) is a set of correlations for heat transfer to saturated fluid. Note that whichever set of correlations are used, the sink temperature will be either the saturation temperature for the pressure in the volume identified in Word 1, or 10 K below that.

W4(I) - Containment level variable. (General table if negative, control variable if positive.) The parameter which specifies the containment liquid level.

۴-۵-۷-۳- واکنش سوخت و خنک‌کننده (کارت 50005000)

این کارت اختیاری است و تنها ممکن است در مسأله جدید به کار رود. برای تحلیل عمومی حوادث وخیم، این کارت و کارت‌های 50006000 تا 50009000 صرف نظر می‌شود. در این کارت پارامترهای به کار رفته در محاسبات شکست جت‌های مواد مذاب قلب نفوذ کننده به استخر آب تعریف می‌شوند. نرخ جریان جرمی، ترکیب، دما و زمان‌بندی جت‌های ریزش مواد در کارت‌های 5M200000 تا 5M20S301 تعیین می‌شود. مدل FCI توسط پارامتر سوم کارت 5M010000 که باید برابر ۱ و پارامتر چهارم که باید برابر ۲ باشد، فعال می‌شود.

W1(R) - Parameter to select either Fuel-Coolant Interaction (FCI) involving melted material slumping through holes in core plate or user-definition of size of particles resulting from FCI; -1 = user-definition of origin of FCI, > 0 = number of holes in core plate through which melted material slumps as a jet.

W2(R) - If W1 = -1, then W2 = diameter of particles resulting from FCI (m). If W1 > 0, then W2 = diameter of jets of slumping material at point of origin (m).

W3(R) - Interval of time associated with each discrete slumping (s). In the numerical solution, the slumping process is discretized so the number of different particles resulting from breakup is finite rather than unlimited. For example, if the slumping in actuality occurs continuously through a 1 s interval of time, and W3(R) has a value of 0.01, then the slumping is discretized into 100 (1/0.01) individual slumpings distributed through the 1 s of time is which the slumping occurred. For most analyses, 0.01 < W3 < 0.05.

۴-۵-۷-۴- پارامترهای دیگر واکنش سوخت و خنک‌کننده (کارت 50006000)

W1(R) - Maximum liquid volume fraction for all heat transfer from fuel-coolant interaction being received by vapor phase around the dispersed particles. Recommended input value is 0.0.

W2(R) - Elevation of bottom of region in which FCI occurs with respect to elevation of inner surface of lower head at its centerline (m). Normally, W2 = 0.0.

W3(R) - If W1 on Card 50005000 is < 0, then W3 = area of cross section of slumping material. In this case, W3 is factor in calculating the initial velocity of particles resulting from FCI along with the mass rate of slumping defined on Card 5M200000 and its associated cards. If W1 on Card 50005000 is > 0, then define W3 to be equal to 0.0.

W4(R) - Input the integer 1.

۴-۵-۷-۵- پارامترهای دیگر واکنش سوخت و خنک‌کننده (کارت 50007000)

W1(R) - Elevation of bottom of stack of RELAP5 control volumes referenced in Card 50008000 with respect to bottom center of inside surface of lower head (m). For most analyses, W1 = 0.0.

۴-۵-۷-۶- حجم‌های کنترل RELAP5 که در آنها ممکن است FCI رخ دهد (کارت 50008000))

W1(I) - Volume number of bottom most RELAP5 control volume in stack of volumes in which FCI may occur (nine digit number).

W2(I) - Volume number of RELAP5 control volume just above W1 in stack of volumes in which FCI may occur (nine digit number).

W3(I) - Wn(I) Continue input in pattern shown by W1 and W2, where n = total number of RELAP5 control volumes in which FCI may occur. Continuation cards are allowed. The first continuation card has the number 500080001. Normally, ten or more RELAP5 control volumes overlay the region in which FCI may occur.

۴-۵-۷-۷- ارتفاع‌های حجم‌های کنترل RELAP5 که در آنها ممکن است FCI رخ دهد (کارت 50009000)

W1(R) - Elevation of top of bottom most RELAP5 control volume in which FCI may occur with respect to elevation of bottom center of inner surface of lower head (m).

W2(R) - Elevation of top of second from bottom RELAP5 control volume in which FCI may occur with respect to elevation of bottom center of inner surface of lower head (m)

W3(I) - Wn(I) - Continue input in pattern shown by W1 and W2, where n = total number of RELAP5 control volumes in which FCI may occur. Continuation cards are allowed. The first continuation card has the number 500090001.

۴-۵-۷-۸- گزینه‌های مدل‌سازی برای آوار بخش پایین (کارت 5M010000)

در این بخش کارت‌های کنترل COUPLE که مختص گره‌های COUPLE هستند، ارائه می‌شود. هر کارت با عدد 5 و M شروع می‌شود. عدد 5 نشان‌دهندهٔ ورودی COUPLE و M نشان‌دهندهٔ شمارهٔ گره است. حداکثر تعداد گره‌های COUPLE توسط پارامتر maxcpm در بلوک cpmdat تعیین می‌شود که برابر ۵ است.

W1(I) - COUPLE flag and input indicator.

0 = Used on a restart run to turn off the COUPLE model for mesh “M”.
-1 = Used on a restart run to replace some of the values on this card for mesh “M”.
1 = Read COUPLE input for mesh “M”.

This option can be used on RESTART to add or change a COUPLE mesh, unless debris is received from core components and core slumping into the mesh has already started.

W2(I) - The identification number of the RELAP5 Control Volume modeling the fluid contacted by molten material slumping from the core region to the lower head. If W4 = 1 on this card, then slumping of material to lower head results in water in this control volume being converted to steam due to heat transfer from slumping material. On a restart run, this word may not be changed, but a 0 may be entered as input.

W3(I) - Debris source indicator for COUPLE mesh “M”:

-1 = No slumping. Debris material is already present at the start of the application.
0 = Debris received from core components (default).
1 = User-defined slumping.
2 = Depends on components above mesh (non LWRs).

Only 1 mesh may be designated as receiving debris from SCDAP/RELAP5-3D© core components.

W4(I) - Flag for breakup of COUPLE debris. For general severe accident analyses, W4(I) = 0 or 1;

0 = Debris may be broken up (default).
1 = Debris is never broken up.
2 = Extent of breakup is calculated by Fuel-Coolant Interaction Model. In this case, W3 = 1, and Cards 5M200000 through 5M20S301 are input, and Cards 50005000 through 50009000 are also input.

W5(I) - Input the integer’1’

W6(R) - Input 1.0.

W7(I) - Index for selecting heat transfer and flow loss model for porous debris in lower head of reactor vessel; 0 = simplified model, 1 = detailed heat transfer model and detailed Tung and DhirA-2 flow loss model, 2= detailed heat transfer model and detailed Catton and ChungA-6 flow loss model. Default value: 2.

W8(I) - Index to invoke write to an output file of the calculated transient temperature distribution. in the lower head of a reactor vessel. This option is invoked when calculated temperature history for lower head is to be input into a computer code for a detailed structural analysis of the lower head. Temperature distribution written to file every ncount/W8 time steps, where ncount = current number of time steps. Output file name: coupfl. Default value: 0.

W9(R) - Time at which molten pool in lower head stratifies into a metallic upper part and an oxidic lower part (s). Default value: 1.x1015.

W10(I) - Index for selecting model for angular distribution in heat flux on inner surface of lower head supporting a molten pool; 1 = mini-ACOPO correlationA-7, 2 = UCLA correlationA-8. Default value: 1. Warning: W10 must not be right of column 80 of this card.

۴-۵-۸- ریزش مذاب قلب تعریف شده توسط کاربر

این کارت‌ها کاربر را قادر به تعیین یک سری مواد مذاب برای ریزش در یک گرهٔ COUPLE می‌سازد. حداقل یک گرهٔ COUPLE و یک جزء قلب SCDAP/RELAP باید تعیین شود. کاربر باید توجه کند که شمارهٔ کارت اطلاعات قابل توجهی برای کد فراهم می‌آورد. اولین متغیر کارت همواره عدد 5 است که ورودی COUPLE را نشان می‌دهد. متغیر دوم M است که شمارهٔ گرهی که ریزش مذاب در آن روی می‌دهد را مشخص می‌کند. اعداد سوم و چهارم 20 هستند که نشان می‌دهد اطلاعات مربوط به ریزش توسط کاربر تعیین می‌شود.

۴-۵-۸-۱- ورودی ریزش مذاب

۴-۵-۸-۱-۱- تعریف (کارت 5M200000)

در اولین کارت یک جدول عمومی SCDAP/RELAP تعیین می‌شود که به عنوان ضریب در توان آوار به کار می‌رود. تعیین شمارهٔ جدول در مسألهٔ آغاز مجدد قابل تغییر نیست، اگرچه خود جدول قابل تغییر است.

W1(I) - Table number. Table to define the power decay of the slumps.

۴-۵-۸-۱-۲- مدت (کارت 5M20S100)

این کارت مدت زمان و توان هر دورهٔ ریزش را تعیین می‌کند. در مقدار M شمارهٔ گرهی که مواد در آن ریزش می‌کند تعیین می‌شود. در S ترتیب زمانی وقوع ریزش تعیین می‌شود که حداکثر ۲۵ ریزش را شامل می‌شود.

W1(R) - Time at which core slumping begins (s). W1 (S-th slumping) > W2 (S - 1th slump). W1 must be greater than the time at which the analysis starts.

W2(R) - Time at which core slumping ends (s).

W3(R) - Power multiplier.

کل توان در ریزش توسط این ضریب ضرب در مقدار حاصل از جدول تعیین شده در کارت 5M200000 به دست می‌آید. توان افزوده شده به گره در هر گام زمانی برابر خواهد بود با:

(W3)*(table number from previous card) * (time step)/(W2 - W1)

۴-۵-۸-۱-۳- مشخصات (کارت 5M20S200)

W1(R) - Temperature of slumped material (K).

W2(R) - Radius of particles of slumped material (m).

W3(R) - Porosity of slumped materials.

۴-۵-۸-۱-۴- جرم (کارت‌های 5M20S301 تا 5M20S399)

W1(R) - Mass of zircaloy that slumped during period (kg).

W2(R) - Mass of metallic uranium (kg).

W3(R) - Mass of stainless steel (kg).

W4(R) - Mass of silver (kg).

W5(R) - Mass of boron carbide (kg).

W6(R) - Mass of uranium dioxide (kg).

W7(R) - Mass of oxidized zircaloy (kg).

W8(R) - Mass of aluminum (kg).

W9(R) - Mass of lithium (kg).

W10(R) -Mass of cadmium (kg).

۴-۵-۹- آوار بخش پایین محفظهٔ راکتور

داده‌های ورودی برای بخش پایین محفظهٔ راکتور و آوار در این بخش شامل یک سری از بلوک‌های ورودی است. از این بلوک داده‌ها ممکن است بدون اینکه سایر بخش‌های ورودی تحت تأثیر قرار گیرد، صرف‌نظر شود. هر بلوک داده حاوی یک کارت عنوان، کارت‌های داده و کارت پایان که یک کارت خالی است، می‌باشد. این قسمت از ورودی قالب آزاد ندارد و باید پارامترها به دقت در ستون مربوط به خود در کارت‌های ۸۰ کاراکتری قرار گیرند. اعداد صحیح و اعداد با نمایش توانی باید از سمت راست تنظیم شوند. پارامترهایی که با کاراکتر A تعیین شده‌اند، از نوع حروف الفبایی، پارامترهای مشخص شده با I از نوع

عدد صحیح و پارامترهای مشخص شده با R از نوع عدد حقیقی می‌باشند. ستون‌های هر قسمت از ورودی توسط دو شماره تعیین می‌شوند. نوع دادهٔ ورودی توسط کاراکتر داخل پرانتز در سمت راست شمارهٔ ستون‌ها، تعیین شده است.

لازم به ذکر است که نقطهٔ پایان دهندهٔ ورودی RELAP5 باید قبل از ورودی شرح داده شده در این بخش قرار گیرد.

۴-۵-۹-۱- بلوک عنوان

۴-۵-۹-۱-۱- عنوان بلوک عنوان

1-5(A) - Block header. Since only the first four characters (columns 1 through 4) are actually checked on each block header card for each section, the rest may be used as a comment card.

Always input the following word: title.

۴-۵-۹-۱-۲- کارت عنوان

1-80(A) - First title card.

۴-۵-۹-۱-۳- کارت عنوان

1-80(A) - Second title card. This is a good place to list the unit set employed.

۴-۵-۹-۱-۴- پایان دهندهٔ بلوک

Block terminator (blank card).

۴-۵-۹-۲- بلوک تولیدکنندهٔ گره

۴-۵-۹-۲-۱- عنوان بلوک تولیدکنندهٔ گره

1-8(A) - Header for mesh generation block. Always input the following word: automesh.

۴-۵-۹-۲-۲- کارت کنترل تولیدکنندهٔ گره

1-5(I) - Maximum value of I in mesh. This is the maximum number of nodes in the horizontal direction.

6-10(I) - Maximum value of J in mesh. This is the maximum number of nodes in the vertical direction.

11-15(I) - Number of material blocks to be assigned. This is the number of different material regions specified on the material block assignment Card(s).

16-20(I) - Geometric code.

0 = r-, z-axisymmetric.

1 = x-, y-plane body.

21-30(R) - Multiplier. This multiplier operates on dimensions that are input on the line segment card(s) and elsewhere in the input. The multiplier allows the COUPLE input to use inches as the unit for length even though the calculations use meters as the unit for length. (This word) × (value of input number) = (dimension in m).

۴-۵-۹-۲-۳- کارت‌های پاره خط

هر ترکیب معقول از پاره‌خط‌های داخلی و خارجی که شامل کمان‌ها، خطوط مستقیم و یا نقاطی در صفحهٔ r و z و یا x و y باشند، برای تولید گره‌های المان محدود قابل استفاده هستند. پاره‌خط‌ها توسط موقعیت نقاط پایانی تعریف می‌شوند. پاره‌خط‌های مدور توسط یک نقطهٔ میانی و یا نقطه مرکزی، علاوه بر نقاط پایانی تعریف می‌شوند. کارت‌های پاره‌خط‌ها محدودیت تعداد ندارند. هر زوج مرتب (i و j) داده شده، تنها یک بار قابل تعریف است.

المان‌هایی که ممکن است توسط مواد جابجا شده پر شوند، باید چهارگوش و غیرمثلثی باشند. دو ضلع از چهار ضلع المان، باید موازی جهت انتقال مواد به داخل المان باشند.

1-3(I) - I-coordinate of 1st point.

4-6(I) - J-coordinate of 1st point.

4-14(R) - R-coordinate of 1st point.

15-22(R) - Z-coordinate of 1st point.

اگر نوع پاره‌خط (ستون ۶۷ تا ۷۱) صفر باشد، آنگاه ورودی ستون‌های ۲۳ تا ۶۶ صرف‌نظر می‌شود.

23-25(I) - I-coordinate of 2nd point.

26-28(I) - J-coordinate of 2nd point.

29-36(R) - R-coordinate of 2nd point.

37-44(R) - Z-coordinate of 2nd point.

اگر نوع پاره‌خط (ستون ۶۷ تا ۷۱) یک باشد، آنگاه ورودی ستون‌های ۲۳ تا ۶۶ صرف‌نظر می‌شود.

45-47(I) - I-coordinate of 3rd point.

48-50(I) - J-coordinate of 3rd point.

51-58(R) - R-coordinate of 3rd point.

59-66(R) - Z-coordinate of 3rd point.

67-71(I) - Line segment type of parameter.

0 = Point (input only 1st i, j, r, z).
1 = Straight line (input only 1st and 2nd set of i, j, r, z as end point of line).
3 = Circular arc with midpoint of arc specified (input 1st and 3rd sets of i, j, r, z as end points of arc and 2nd set as midpoint on arc).
4 = Circular arc with center of radius of curvature specified (input 1st and 2nd sets of i, j, r, z as end points of arc and 3rd set of r, z as coordinates of center of radius of curvature).

پاره‌خط‌های مستقیم یا خمیده در صفحهٔ r و z باید مطابق خط مستقیم (i و یا j ثابت در طول خط) و یا پاره‌خط قطری تکه‌ای ((ABS(vI) = ABS(vJ)) در آن صفحهٔ i و j باشد. در پاره‌خط قطری تکه‌ای ابتدا i افزایش می‌یابد و سپس j. برای مدل‌سازی مقاومت گپ، باید دو مقدار متوالی i و یا j که دارای مختصات یکسانی است وارد شود.

۴-۵-۹-۲-۴- پایان‌دهندهٔ بلوک تولیدکنندهٔ گره

Block terminator (blank card).

۴-۵-۹-۳- بلوک مواد

۴-۵-۹-۳-۱- تعیین بلوک مواد

برای هر بلوک تعیین شده یک کارت نیاز است. هر کارت یک شمارهٔ تعریف ماده را به یک بلوک از المان‌های تعریف‌شده توسط مختصات i و j تخصیص می‌دهد. مواد و شمارهٔ شناسایی آنها در جدول شماره ۱۵ لیست شده است.

1-5(I) - Material identification number. The COUPLE model considers up to 15 different materials.

جدول شماره ۱۵: شمارهٔ شناسایی مواد COUPLE

Material	ID No.
Relocated debris	1
Stainless steel	2
Inconel	3
Carbon steel	4
Coolant	5
Null material	6
MHTGR graphite	7
MHTGR fuel compact	8
MHTGR target	9
MHTGR smeared (homogenized)	10
User-specified materials	11-15

برای مواد تعیین شده توسط کاربر، کاربر با وارد کردن مقادیر در کارت‌های خواص مواد و اطلاعات مواد، خواص ثابت را تعیین می‌کند. برای مواد تعیین شده توسط کاربر، کد تغییر فاز را مدل نخواهد کرد.

هر المانی که در آن آوار جابجاشده تعریف شده باشد، به گونه‌ای لحاظ می‌شود که حاوی خنک‌کننده است، تا زمانی که خنک‌کننده توسط آوار جابجا شدهٔ فروریخته در المان جابجا شود. استثنای این مورد، حالت عدم ریزش (پارامتر سوم برابر ۱- در کارت 5M010000 بخش COUPLE) است که ماده ۱ در شروع مسأله وجود دارد. اگر در کارت‌های محصولات شکافت، انتقال حرارت گپ برای گره‌هایی که جزئی از المان‌های خالی هستند، تعریف نشده باشد، آنگاه انتقال حرارت از طریق المان‌های خالی صورت نخواهد گرفت. المان‌های خالی برای فرق گذاشتن بین دو ناحیه با نرخ‌های متفاوت تولید حرارت و نیز برای مدل‌سازی انتقال حرارت بین دو ماده‌ای که در میان آنها گپ قرار دارد، به کار می‌روند.

6-10(I) - Minimum i.

11-15(I) - Maximum i.

16-20(I) - Minimum j.

21-25(I) - Maximum j.

26-35(R) - Always input 0.0.

36-45(R) - Porosity of material in these elements. If material type is 1 and element is at start of analysis, input 1.

46-50(I) - Always input the integer 0.

51-55(I) - Always input the integer 0.

56-65(R) - Particle diameter (mm).

۴-۵-۹-۳-۲- پایان‌دهندهٔ بلوک مواد

Block terminator (blank card).

۴-۵-۹-۳-۳- عنوان بلوک مواد

1-8(A) - Block header. Always input the following word: material.

۴-۵-۹-۳-۴- اطلاعات مواد

1-5(I) - Number of different materials to be defined. Materials that do not exist in the finite element mesh can be defined. In the current version of COUPLE input, if Material 5 is to be used, Materials 1, 2, 3, and 4 need also to be defined.

۴-۵-۹-۳-۵- ضریب انتشار مواد

1-10(R) - Emissivity. Emissivity for internal radiation in material with ID No. 1. The standard value is 0.8.

۴-۵-۹-۳-۶- خواص مواد

1-5(I) - Material identification number. If material identification number greater than 11 is input, then properties are defined as input on this card (density) and on the Material Data Card, but the materials properties do not change with temperature.

11-20(R) - Density of material (kg/m^3). If null material (an element used to model gap resistance), then leave these columns blank.

21-52(A) - Material title information. For example, if stainless steel material, input “stainless steel.”

۴-۵-۹-۳-۷- داده‌های مواد

این داده‌ها به عنوان مقادیر پیش‌فرض در حالتی که رویه‌های داخلی (روش مشتق در COUPLE) معیارهای تعیین‌شده را رعایت نکنند، به کار می‌روند. اگر این داده‌ها در دسترس نباشند، داده‌های پیش‌فرض دما در پایین جدول شماره ۱۵ باید وارد شوند. اگر سمت چپ ستون‌های ورودی خالی باشد، کد به صورت خودکار متغیرهای ورودی را برابر مقدار پیش‌فرض قرار نمی‌دهد.

1-10(R) - Horizontal thermal conductivity, KR (J/m-s-K). Input 0.0 for null material.

11-20(R) - Axial thermal conductivity, KZ (J/m-s-K). Input 0.0 for null material.

21-30(R) - Specific heat capacity, CP (J/kg-K). Input 0.0 for null material.

31-80 - Blank. Unless material = 7, then input next word.

31-40(R) - Fast neutron fluence(n/cm^2).

دو کارت پیشین تا زمانی که همهٔ مواد گره‌ها تعریف شود، باید تکرار شوند. اگر ماده شماره ۱۰ در نظر باشد، قلب همگن‌شده است و باید کارت بعدی وارد شود.

۴-۵-۹-۳-۸- داده‌های مواد راکتورهای گازی دما بالا

1-10(R) - Cross-sectional area of graphite (m^2).

11-20(R) - Cross-sectional area of fuel compact (m^2).

21-30(R) - Cross-sectional area of target (m^2).

31-40(R) - Cross-sectional area of helium coolant channels (m^2).

41-50(R) - Fast neutron fluence (n/cm^2).

مساحت‌های سطوح مقطع در صفحهٔ عمود بر محور طولی قلب راکتور مورد نظر است.

۴-۵-۹-۳-۹- پایان‌دهندهٔ بلوک مواد

Block terminator (blank card).

۴-۵-۹-۴- داده‌های گام زمانی

۴-۵-۹-۴-۱- عنوان بلوک داده‌های گام زمانی

1-4(A) - Time step data block header. Always input the following word: step.

۴-۵-۹-۴-۲- کارت کنترل دما

31-40(R) - Initial temperature of finite element mesh (K).

41-50(R) - Relaxation parameter in numerical solution. Recommended value is 0.5.

51-60(R) - Convergence parameter in numerical solution. Recommended value is 1.0. If gap elements (elements with null material) are being modeled, then the computer run time can be very sensitive to this input value. To avoid excessive run time, it may be necessary to define the convergence parameter to be greater than 1.0, perhaps as large as 5.0.

61-70(R) - Inner radius of lower head of vessel. Use the same units as the coordinates on the Line Segment Card. If a spherical lower head is not being modeled, input 0.0.

۴-۵-۹-۴-۳- شرح بخش پایینی محفظهٔ راکتور

1-10(R) - Outer radius of region in finite element mesh that can fill with slumping material. Use the same units as the coordinates on the Line Segment Card. If a spherically shaped lower head is being modeled, input 0.0. If a cylindrically shaped lower head is being modeled or plane coordinates are being used, then this input is used. If plane coordinates are being used, this input specifies the inner radius of pipe being modeled in plane geometry.

11-20(R) - Thickness of lower head of vessel or elevation of top surface of structural material supporting debris. Use the same units as the coordinates on the Line Segment Card. If a spherical lower head is not being modeled, then input the distance from the bottom of the finite element mesh to the surface that supports the slumping material.

21-25(I) - Spherical lower head modeling flag.

0 = Spherical lower head of vessel is not being modeled.

1 = Spherical lower head of vessel is being modeled.

26-30(I) - Maximum number of iterations. Recommended value is 10.

31-40(R) - Inner radius of region that can fill in with slumping material. Use the same units as for the Line Segment Card. Omit for the case of spherical lower head. For the case of plane geometry, input 1.0.

41-50(R) - Depth (thickness) of plane. Use the same units as for the Line Segment Card. Omit this input for axisymmetric geometry.

51-55(I) - Transient configuration of debris slumping flag.

0 = Debris slumping is self-leveling throughout the COUPLE mesh.

1 = Configuration of slumped debris is defined by the user.

اگر این کارت تعیین شده باشد، مقداری که المان‌ها آوار فروریخته دریافت می‌کنند توسط کاربر تعریف می‌شود. کاربر می‌تواند المان‌ها را به لایه‌هایی تقسیم کند که به صورت متوالی هنگام ریزش آوار پر شوند. درون هر لایه فرض می‌شود آوار هم سطح با همهٔ المان‌های آن لایه است. کاربر لایه‌های المان‌ها را با افزودن کارت‌ها درست پس از این کارت، تعریف می‌کند. برای هر لایه یک کارت لازم است. در کد تعداد ۲۵ المان برای هر لایه قابل لحاظ است و حداکثر تعداد لایه ۲۵ عدد است. آخرین کارت در لیست باید شامل یک صفر خالی برای تعیین پایان لیست باشد. هر کارتی که یک لایه را تعریف می‌کند باید در قالب تعریف شدهٔ زیر باشد.

56-60 (I) - Number of stacks of finite volumes through which liquefied core plate material may flow. Omit this input if flow of liquefied core plate material through porous debris is not to be modeled. Default value = 0. Coefficient name = nstkss.

۴-۵-۹-۴-۴- چشمهٔ ریزش مواد مذاب به بستر آوار

1-10 (R) - Rate of slumping of core plate material onto debris bed ((kg/s)/m^2). If rate of slumping of zero is input, then rate of slumping is calculated.

11-20 (R) - Start time of core plate slumping (s). If rate of slumping is to be calculated, input 1.0. Coefficient name = tscpss.

21-30 (R) - End time of core plate slumping (s). If rate of slumping is to be calculated, then input 0.0. Coefficient name = tecpss.

31-40 (R) - Melting temperature of core plate (K). Suggested value = 1730. Coefficient name = tpcpss.

۴-۵-۹-۴-۵- خواص مواد و صحت حل

1-10 (R) - Viscosity of liquefied stainless steel (kg/m.s). Suggested value = 0.0032. Coefficient name = viscss.

11-20 (R) - Wetting angle of liquefied stainless steel in contact with debris (degrees). Suggested value = 90. Coefficient name = thtwet.

21-30 (R) - Surface tension between liquefied stainless steel and debris (N/m). Suggested value = 0.45. Coefficient name = gamssu.

31-40 (R) - Accuracy of solution for bed saturation (unitless). Suggested value = 0.001. Coefficient name = accbst.

۴-۵-۹-۴-۶- تعیین المان محدود در بالای بستر آوار

1-5 (I) - Number of a finite element at top of debris bed.

6-10 (I) - Number of another finite element at top of debris bed.

11-15 (I) - Continue defining in every five columns an identification number of a finite element until every finite element in top row of finite elements has been identified.

۴-۵-۹-۴-۷- لایهٔ تعریف شده توسط کاربر برای گرهٔ COUPLE

1-4(I) - Number of elements in this layer.

5-10(I) - The element number in this layer. Five spaces for each element, continued on the next card if necessary.

The last card in the list must contain a single 0.

۴-۵-۹-۴-۸- پایان دهندهٔ بلوک

Block terminator (blank card).

۴-۵-۹-۵- بلوک تولید حرارت داخلی

۴-۵-۹-۵-۱- عنوان بلوک تولید حرارت داخلی

1-10(A) - Block header. Always input the following word: generation. The generation block is required input.

۴-۵-۹-۵-۲- تعداد مواد بدون تولید حرارت داخلی

1-5(I) - Number of materials for which internal generation is not possible. If relocated debris is being considered, input the number that is one less than the input in Columns 1 through 5 of the Material Data Information Card. Otherwise, input the same number.

6-10(I) - NAF. The number of pairs of lines of mass fractions input.

11-15(I) - NFP. The number of lines of fission products input.

۴-۵-۹-۵-۳- چگالی‌های توان

این کارت‌ها برای حالت بدون ریزش در COUPLE (پارامتر سوم در کارت 5M0010000 برابر ۱-) اختیاری است و در غیر این حالت مجاز نیست. هر کارت یک چگالی توان برای یک گروه از گره‌های متوالی تعریف می‌کند. این ورودی می‌تواند برای گره‌های انتخابی به منظور جایگزینی چگالی توان برای همهٔ مواد شمارهٔ ۱ COUPLE توسط SCDAP به کار رود.

1-5(I) - I1I of first node in the group.

6-10(I) - J1J of first node in the group.

11-15(I) - I2I of last node in the group.

16-20(I) - J2Jof last node in the group.

21-30(R) - X204 Multiplier of power density from Table N402. If N402 = 0, then X204 = constant power density (W/m^3).

31-35(I) - N402 Number of RELAP5 general tables of power density (W/m^3).

۴-۵-۹-۵-۴- پایان دهندهٔ بلوک

Blank card.

۴-۵-۹-۶- مواد بدون تولید حرارت داخلی

۴-۵-۹-۶-۱- تعداد مواد بدون تولید حرارت داخلی

1-5(I) - First material number.

6-10(I) - Second material number.

به همین ترتیب، ستون‌های ۱۱-۱۵، ۱۶-۲۰ تا اینکه همهٔ مواد تعریف شده در کارت خواص مواد تعیین شوند. مواد خالی باید به صورت مواد بدون تولید حرارت داخلی تعریف شوند.

۴-۵-۹-۶-۲- کسرهای جرمی

این کارت‌ها برای حالت بدون ریزش در COUPLE (پارامتر سوم در کارت 5M0010000 برابر ۱-) اختیاری است و در غیر این حالت مجاز نیست. هر جفت کارت کسرهای جرمی برای اجزای یک گروه متوالی از المان‌های COUPLE تعریف می‌کند. این کسرها به کسرهای اتمی تبدیل و ذخیره می‌شود.

Card 1:

1-5(I) - NEL1. Number of first element in the group.

6-10(I) - NEL2. Number of last element in the group.

11-20(R) - Mass fraction of zircaloy.

21-30(R) - Mass fraction of metallic uranium.

31-40(R) - Mass fraction of stainless steel.

41-50(R) - Mass fraction of silver.

51-60(R) - Mass fraction of boron carbide.

61-70(R) - Mass fraction of uranium dioxide.

71-80(R) - Mass fraction of oxidized zircaloy.

Card 2:

1-10(R) - Mass fraction of aluminum.

11-20(R) - Mass fraction of lithium.

21-30(R) - Mass fraction of cadmium.

31-40(R) - Mass fraction of soil.

این ورودی مقادیر SCDAP را برای المان‌های تعیین شده جایگذاری می‌کند.

۴-۵-۹-۶-۳- پایان‌دهندهٔ بلوک

Block terminator (blank card).

۴-۵-۹-۷- بلوک داده‌های جابجایی حرارتی

۴-۵-۹-۷-۱- عنوان بلوک داده‌های جابجایی حرارتی

1-11(A) - Block header. Always input the following word: convectsets.

۴-۵-۹-۷-۲- تعداد گره‌های بدون جابجایی حرارتی

1-5(I) - Number of nodes in finite element mesh at which convective heat transfer can occur. Nodes that are part of finite elements that receive relocated material should be defined as nodes at which convective heat transfer occurs. Otherwise, convective heat transfer will not be modeled from the surface of particles in porous debris or from the top surface of nonporous debris. Nodes at both surfaces of a gap modeled as null material must be defined. Maximum of 2000 nodes may be defined to have convective heat transfer or be part of gap heat transfer.

6-10(I) - Input the integer 1.

۴-۵-۹-۷-۳- شرایط مرزی برای المان‌هایی که با آوار فروریخته پر می‌شوند

1-10(R) - Always input 1000.0.

11-20(R) - Always input 500.0.

۴-۵-۹-۷-۴- تعیین چشمه‌های با انتقال حرارت تشعشعی و جابجایی

همهٔ داده‌های مرزی جابجایی باید برای نقاط بر روی یک خط با روند افزایش مختصات گره‌ها از اولین گره به دومین وارد شود. مثال گره‌های روی یک خط: i2 برابر i1، j2 مخالف j1 و یا i2 مخالف i1 و j2 برابر j1 . برنامه به صورت خودکار مقادیر نقاط میانی نقاط اول و دوم تعریف شده را تعیین می‌کند. هر خط باید شامل حداقل دو نقطه باشد. گره‌هایی که بر روی یک سطح هستند و در کارت محصولات شکافت لیست نشده‌اند، به صورت بخشی از سطح عایق در نظر گرفته می‌شوند.

1-5(I) - I coordinate of 1st node.

6-10(I) - J coordinate of 1st node.

11-15(I) - I coordinate of 2nd node.

16-20(I) - J coordinate of 2nd node.

21-30(R) - If these convective nodes are not modeling heat transfer across the gap, leave these columns blank. Otherwise, input gap heat transfer coefficient for case of materials in both sides of the gap being solid state.

55-60(I) - If these convective nodes are not modeling heat transfer across the gap, leave these columns blank. Otherwise, input -1.

۴-۵-۹-۷-۵- تعداد حجم‌های SCDAP/RELAP متداخل

اگر در ستون‌های ۵۵-۶۰ در کارت قبلی مقدار ۱- تعیین شده باشد، این کارت صرف‌نظر می‌شود.

1-10(I) - Number of SCDAP/RELAP5-3D volumes that interface with these nodes. Input the full nine-digit number.

کارت محصولات شکافت و پایان‌دهنده به تعداد لازم برای تعریف همهٔ داده‌های مرزی جابجایی تکرار می‌شوند.

۴-۵-۹-۷-۶- پایان‌دهندهٔ بلوک

Block terminator (blank card).

۴-۵-۹-۸- دمای اولیه

۴-۵-۹-۸-۱- عنوان بلوک دمای اولیه

1-8(A) - Block header. Always input the following word: tempsets.

۴-۵-۹-۸-۲- تعداد گره‌های دما

5-10(I) - Number of nodes in mesh at locations that may be filled with slumping debris. Always input the integer 0.

16-20(I) - Always input the integer 0.

21-30(R) - Always input 0.0.

۴-۵-۹-۸-۳- پایان‌دهندهٔ بلوک

Block terminator (blank card).

۴-۵-۹-۹- کنترل رسم

۴-۵-۹-۹-۱- عنوان کنترل رسم

1-5(A) - Block header. Always input the following word: plots.

۴-۵-۹-۹-۲- کارت کنترل رسم

1-5(I) - Always input the integer 1.

6-10(I) - Always input the integer 0.

11-15(I) - Always input the integer 2.

۴-۵-۹-۱۰- پایاندهندهٔ بلوک کنترل رسم

Block terminator (blank card).

۴-۵-۹-۱۱- کنترل حل

۴-۵-۹-۱-۱۱- عنوان کنترل حل

1-6(A) - Block header. Always input the following word: couple.

۴-۵-۹-۲-۱۱- پایان‌دهندهٔ بلوک کنترل حل

Block terminator (blank card).

۴-۵-۹-۳-۱۱- کارت پایان‌دهندهٔ مسأله

1-11(A) - Problem termination card. Always input the following words: end of data.

۴-۵-۱۰- ورودی مدل‌سازی راکتورهای گازی دما بالا

همه ورودی برای مدل‌سازی راکتور گازی دمای بالا باید بر حسب واحدهای سیستم SI وارد می‌شود.

۴-۵-۱۰-۱- ورودی عمومی

۴-۵-۱۰-۱-۱- تعیین نوع قلب راکتور (کارت 40010000)

W1(A) - Eight or less alphanumeric characters used to identify reactor core in output file.

W2(A) - htgrcore.

Example input for Card 40010000:

*	word(1)	word(2)
40010000	htgrcore	htgrcore

۴-۵-۱۰-۱-۲- تعریف نوع راکتور گازی (کارت 40010020)

W1(I) - Identification of type of HTGR (idhtgr); where
1 = pebble bed HTGR.
2 = block-type (prismatic) HTGR.

W2(R) - The time for starting calculation of change in stored energy of structural components in the reactor system (timenr in s). Beginning with problem time equal to timenr, variables for auditing the energy balance of the reactor system are calculated. These variables include (1) stored energy changes in the reactor core, reactor vessel, upcomer, downcomer, and containment and any surrounding earth, (2) sum of changes in stored energy of all reactor components, (3) integration with respect to time of fission power, decay heat, and oxidation heat, and (4) sum of heat transferred to air circulating from atmosphere to downcomer annulus, upcomer flow channel, and back to atmosphere. These variables are part of restart-plot file and can be plotted. For analyses beginning with reactor at full power at steady state, the energy audit variables might best be initialized at the time of end of blowdown.

Example input for Card 40010020:

*	idhtgr	timenr
40010020	2	0.0

۴-۵-۱۰-۲- بلوک‌های ورودی

۴-۵-۱۰-۲-۱- کارت 40010022

W1(I) - The number of rings of blocks (number of blocks along a radial line extending from center of core to outer edge of core at core mid-plane, numrng).

W2(R) - The elevation of bottom of fueled part of core (zbcore in m).

W3(R) - The elevation of top of fueled part of core (ztcore in m).

W4(R) - The thickness of core barrel (thbar1 in m).

W5(I) - The number of radial meshes in core barrel (nmbarl).

W6(R) - The emissivity of outer surface of core barrel (embarl).

W7(I) - The axial node at bottom of fueled part of core (kcrbot).

W8(R) - The porosity of graphite matrix in fuel compacts (pfmtrx).

Example input for Card 40010022:

*	numrng	zbcore	ztcore	thbarl	nmbarl	embarl	kcrbot	pfmtrx
40010022	4	1.175	4.075	0.01	1	0.7	11	0.05

تعریف بلوک تخلخل، دمای اولیهٔ قلب راکتور و جدول تاریخچهٔ توان

W1(R) - The porosity of blocks containing fuel compacts (porosity due to microscopic sized voids in graphite, pblblk).

W2(R) - The porosity of reflector blocks (prfblk).

W3(R) - The diameter of fuel particles (dfpblk in m). (Variable is not currently used, so a dummy input should be entered).

W4(I) - The number of fuel particles per m^3 of fuel compact (nfpblk). (Variable is not currently used, so a dummy input should be entered).

W5(I) - The number of the RELAP5 table defining history of core average reactor power density (nstcno in W/m^3).

W6(R) - The initial temperature of reactor core (tihtgr in K). The entire core is initialized to this temperature.

Example input for Card 40010023:

*	pblblk	prfblk	dfpblk	nfpblk	nstcno	tihtgr
40010023	0.001	0.001	0.929e-3	2.e+8	900	850.0

۴-۵-۱۰-۲-۲- تعریف هندسه برای اولین (داخلی‌ترین) حلقهٔ بلوک‌ها در قلب راکتور (کارت 40010024)

W1(R) - The outer radius of ring (radblk in m).

W2(I) - The number of radial meshes for heat conduction in ring (nmsblk). Total number of radial nodes in all rings plus the core barrel must be equal to or less than 24.

W3(R) - The flow channel area per unit cross-section area for ring (afrblk in m^2).

W4(R) - The perimeter in contact with coolant per unit cross-sectional area for ring (prrblk in 1/m).

W5(R) - The hydraulic diameter for convective heat transfer for ring (dirblk in m).

W6(R) - The gap at outer edge of block (gapblk in m).

W7(R) - The cross-sectional area of holes for fuel compacts in block per unit area of block exclusive of coolant channels in block (fulchn).

W8(R) - The diameter of holes for fuel channels (dfuchn in m). (Variable is not currently used, so a dummy input should be entered).

Example input for Card 40010024:

*	radblk	nmsblk	afrblk	prrblk	dirblk	gapblk	fulchn	dfuchn
40010024	0.619	7	0.0266	10.67	0.01	1.0e-3	0.1578	0.026

۴-۵-۱۰-۲-۳- تعریف هندسهٔ حلقهٔ دوم بلوک‌ها در قلب راکتور در صورت وجود (کارت 40010025)

W1(R) - The outer radius of second ring (radblk in m).

W2(I) - The number of radial meshes for heat conduction in ring (nmsblk).

W3(R) - The flow channel area per unit cross-section area for ring (afrblk).

W4(R) - The perimeter in contact with coolant per unit cross-sectional area for ring (prrblk in 1/m).

W5(R) - The hydraulic diameter for convective heat transfer for ring (dirblk in m).

W6(R) - The gap at outer edge of block (gapblk in m).

W7(R) - The cross-sectional area of holes for fuel compacts in block per unit area of block exclusive of coolant channels in block (fulchn).

W8(R) - The diameter of holes for fuel channels (dfuchn in m). (Variable is not currently used, so a dummy input should be entered).

Example input for second from center ring of blocks in reactor core:

*	radblk	nmsblk	afrblk	prrblk	dirblk	gapblk	fulchn	dfuchn
40010025	1.03	4	0.0266	10.67	0.01	1.e-3	0.1578	0.026

۴-۵-۱۰-۲-۴- تعریف هندسهٔ حلقهٔ سوم بلوک‌ها در قلب راکتور در صورت وجود (کارت 40010026)

W1(R) - The outer radius of third ring (radblk in m).

W2(I) - The number of radial meshes for heat conduction in ring (nmsblk).

W3(R) - The flow channel area per unit cross-section area for ring (afrblk).

W4(R) - The perimeter in contact with coolant per unit cross-sectional area for ring (prrblk in 1/m).

W5(R) - The hydraulic diameter for convective heat transfer for ring (dirblk in m)

W6(R) - The gap at outer edge of block (gapblk in m).

W7(R) - The cross-sectional area of holes for fuel compacts in block per unit area of block exclusive of coolant channels in block (fulchn).

W8(R) - The diameter of holes for fuel channels (dfuchn in m). (Variable is not currently used, so a dummy input should be entered).

Example input for third ring of blocks:

*	radblk	nmsblk	afrblk	prrblk	dirblk	gapblk	fulchn	dfuchn
40010026	1.445	4	0.0266	10.67	0.01	0.0	0.1578	0.026

۴-۵-۱۰-۲-۵- تعریف هندسهٔ حلقهٔ چهارم بلوک‌ها در قلب راکتور در صورت وجود (کارت 40010027)

W1(R) - The outer radius of fourth ring (radblk in m).

W2(I) - The number of radial meshes for heat conduction in ring (nmsblk).

W3(R) - The flow channel area per unit cross-section area for ring (afrblk).

W4(R) - The perimeter in contact with coolant per unit cross-sectional area for ring (prrblk in 1/m).

W5(R) - The hydraulic diameter for convective heat transfer for ring (dirblk in m)

W6(R) - The gap at outer edge of block (gapblk in m).

W7(R) - The cross-sectional area of holes for fuel compacts in block per unit area of block exclusive of coolant channels in block (fulchn).

W8(R) - The diameter of holes for fuel channels (dfuchn in m). (Variable is not currently used, so a dummy input should be entered).

Example input for fourth ring of blocks:

*	radblk	nmsblk	afrblk	prrblk	dirblk	gapblk	fulchn	dfuchn
40010027	2.125	7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

۴-۵-۱۰-۲-۶- تعریف هندسهٔ حلقهٔ پنجم بلوک‌ها در قلب راکتور در صورت وجود (کارت 40010028)

W1(R) - The outer radius of fifth ring (radblk in m).

W2(I) - The number of radial meshes for heat conduction in ring (nmsblk).

W3(R) - The flow channel area per unit cross-section area for ring (afrblk).

W4(R) - The perimeter in contact with coolant per unit cross-sectional area for ring (prrblk in 1/m).

W5(R) - The hydraulic diameter for convective heat transfer for ring (dirblk in m)

W6(R) - The gap at outer edge of block (gapblk in m).

W7(R) - The cross-sectional area of holes for fuel compacts in block per unit area of block exclusive of coolant channels in block (fulchn).

W8(R) - The diameter of holes for fuel channels (dfuchn in m). (Variable is not currently used, so a dummy input should be entered).

۴-۵-۱۰-۲-۷- تعریف هندسهٔ حلقهٔ ششم بلوک‌ها در قلب راکتور در صورت وجود (کارت 40010028)

W1(R) - The outer radius of sixth ring (radblk in m).

W2(I) - The number of radial meshes for heat conduction in ring (nmsblk).

W3(R) - The flow channel area per unit cross-section area for ring (afrblk).

W4(R) - The perimeter in contact with coolant per unit cross-sectional area for ring (prrblk in 1/m).

W5(R) - The hydraulic diameter for convective heat transfer for ring (dirblk in m)

W6(R) - The gap at outer edge of block (gapblk in m).

W7(R) - The cross-sectional area of holes for fuel compacts in block per unit area of block exclusive of coolant channels in block (fulchn).

W8(R) - The diameter of holes for fuel channels (dfuchn in m). (Variable is not currently used, so a dummy input should be entered).

۴-۵-۱۰-۳- ورودی راکتورگازی از نوع بستر ساچمه‌ای

۴-۵-۱۰-۳-۱- هندسهٔ ساچمه‌ها و ذرات سوخت در بستر ساچمه‌ای (کارت 40010100)

W1(R) - The diameter of fuel pebbles in reactor core (dfhtgr in m).

W2(R) - The diameter of reflector pebbles in reactor core (drhtgr in m).

W3(R) - The outer radius of inner cylinder of reflector pebbles (roigsr in m).

W4(R) - The inner radius of outer cylinder of reflector (riogsr in m).

W5(R) - The outer radius of outer cylinder of reflector (roogsr in m).

W6(R) - The diameter of kernel of fuel in fuel particles (duogsr in m).

W7(I) - The number of fuel particles per fuel pebble (nuogsr).

W8(R) - The thickness of coatings on fuel particles (thkgsr in m).

Example input for Card 40010100:

*	dfhtgr	drhtgr	roigsr	riogsr	roogsr	duogsr	nuogsr	thkgsr
40010100	0.050	0.050	0.35	1.75	3.31	0.0005	15000.	0.21e-3

۴-۵-۱۰-۳-۲- تخلخل و داده‌های دیگر برای ساچمه‌ها و ذرات سوخت (کارت 40010200)

W1(R) - The thermal conductivity of coatings of fuel particles (cncgsr in W/m-K).

W2(R) - The heat capacity of coatings of fuel particles (cpcgsr in J/kg-K).

W3(R) - The density of coatings of fuel particles (dncgsr in kg/m^3).

W4(R) - The initial temperature of reactor core (tihtgr in K).

W5(R) - The porosity of graphite matrix in fuel pebbles (popgsr).

W6(R) - The porosity of graphite matrix in reflector pebbles (prpgsr).

W7(R) - The porosity of graphite matrix in outer reflector (prrgsr).

Example input for Card 40010200:

*	cncgsr	cpcgsr	dncgsr	tihtgr	popgsr	prpgsr	prrgsr
40010200	40.0	1500.	2000.	1000.	0.1	0.1	0.01

۴-۵-۱۰-۳-۳- حجم‌بندی شعاعی، جدول تاریخچهٔ توان و سایر داده‌ها

W1(I) - The number of radial meshes in fuel region of core (nrcgsr). Total number of radial meshes in fuel region and the inner and outer reflector regions must be equal to or less than 24.

W2(I) - The number of radial meshes in inner reflector region (nrigsr).

W3(I) - The number of radial meshes in outer reflector of core (nrogsr).

W4(I) - The index for selecting thermal conductivity and heat capacity models (nkegsr); where

1 = the No models.

2 = the Tanaka-Chiska model for particles with limited contact with each other and heat capacity is calculated on the basis of user-defined characteristics of core.

W5(I) - The index for selecting diffusivity correlation (ndfgsr); where

1 = Bird et al 1960 correlation. (This is the only selection currently activated.)

W6(I) - The number of RELAP5 table (nstcno) defining average reactor core power density (in W/m^3).

W7(R) - The thickness of outer shell of reflector pebbles (tirgsr in m).

W8(R) - The thickness of outer shell of fuel pebbles (tfugsr in m).

Example input for Card 40010300:

*	nrcgsr	nrigsr	nrogsr	nkegsr	ndfgsr	nstcno	tirgsr	tfugsr
40010300	10	2	6	1	1	900	0.005	0.005

۴-۵-۱۰-۴- اتصالات RELAP5 برای راکتورهای گازی از نوع بلوکی و بستر ساچمه‌ای

۴-۵-۱۰-۴-۱- تعریف قالب کلی برای اتصال گره‌های قلب راکتور با حجم‌های RELAP5 (کارت 40010390)

W1(I) - The index indicating type of input for specifying connections of structure nodes to RELAP5 volumes (ntypin); where

1 = simplified input (case of either one stack of RELAP5 volumes for entire core or one stack of RELAP5 volumes for every radial mesh in core, and the RELAP5 9-digit volume numbers going from one stack to the adjacent stack change by a fixed increment).

2 = user defines the 9-digit number of the RELAP5 volume at bottom of each stack of volumes overlapping the reactor core.

W2(I) - The number of reactor core axial nodes per RELAP5 volume (nthnod).

W3(I) - The number of stacks of RELAP5 volumes overlapping the reactor core (nrstck). If W1(I) = 1, this parameter is omitted.

Example input for Card 400100390:

*	ntypin	nthnod
40010390	1	1

۴-۵-۱۰-۴-۲- تعریف حجم‌های RELAP5 در قلب راکتور (کارت 40010400)

اگر پارامتر اول در کارت 40010390 برابر ۲ باشد، این کارت صرف‌نظر می‌شود و به جای آن کارت‌های 40010411، 40010412 و ... وارد می‌شود.

W1(I) - The 9-digit number identifying the RELAP5 volume connected to bottom axial node of radial node 1 (ivolcn). For any RELAP5 volume containing fuel pebbles or reflector pebbles, the abrupt area change flag must be turned on (kloss calculated for junction) to activate model for calculating flow losses in a porous medium. For example, the CCC1101 card (Junction Control Flags Card) for a pipe component must have the "a" digit in the packed format "efvcahs" set to "1".

W2(I) - The index for RELAP5 volume nodalization in radial direction (lsingl); where

0 = each radial mesh in reactor core interfaces with different stack of RELAP5 volumes.

1 = one stack of RELAP5 volumes represents gas across entire diameter of core.

W3(I) - The incremental change in the number of the RELAP5 volume going from a given axial node to adjacent axial node above this node (incorv).

W4(I) - The incremental change in the number of the RELAP5 volume going from bottom most axial node in core to radially adjacent bottom most axial node in core (incorh). This input is omitted for the case of one stack of RELAP5 volumes overlapping the entire reactor core.

Example input for card 40010400:

*	ivolcn	lsingl	incorv
40010400	100010000	1	10000

۴-۵-۱۰-۴-۳- تعریف دسته حجم‌های RELAP5 مشترک با گره‌های شعاعی در مرکز قلب (کارت 40010411)

این ورودی برای حالتی است که بیش از یک دسته از حجم‌ها به کل قلب متصل است (یعنی زمانی که پارامتر اول در کارت 40010390 برابر ۲ باشد). اگر پارامتر اول در کارت 40010390 برابر ۱ باشد، کارت‌های 40010411 و 40010412 صرف‌نظر می‌شوند.

W1(I) - RELAP5 volume at center of reactor core at bottom axial node in reactor core (ibotch).

W2(I) - The number of reactor core radial node at outer edge of center stack of volumes (nradsk). Radial node 1 is always on the centerline of the reactor core.

W3(I) - The incremental change in number of RELAP5 volume going from a given axial node to adjacent axial node for center stack of RELAP5 volumes (incrvl).

Example input for Card 40010411:

*	ibotch	nradsk	incrvl
40010411	100010000	4	10000

۴-۵-۱۰-۴-۴- تعریف دسته دوم حجم‌های RELAP5 در قلب راکتور (کارت 40010412)

W1(I) - The RELAP5 volume at the bottom axial node in the reactor core for a stack of volumes adjacent to stack of volumes at center of core (ibotch). (The stack of RELAP5 volumes at center of core is defined as first stack of volumes and the stack of RELAP5 volumes adjacent to this stack is defined as the second stack.)

W2(I) - The reactor core radial node number at the outer edge of the second stack of volumes (nradsk). Radial node 1 is always on the centerline of the reactor core

W3(I) - The incremental change in RELAP5 volume number going from a given axial node to adjacent axial node for the second stack of RELAP5 volumes (incrvl).

۴-۵-۱۰-۴-۵- تعریف دسته سوم حجم‌های RELAP5 در قلب راکتور (کارت 40010413)

اگر دو دستهٔ حجم‌های RELAP5 کل قلب را شکل دهند، این ورودی باید حذف شود.

W1(I) - The RELAP5 volume at bottom axial node in reactor core for stack of volumes adjacent on inner side to second stack of RELAP5 volumes (ibotch).

W2(I) - The reactor core radial node number at the outer edge of third stack of volumes (nradsk). Radial node 1 is always on the centerline of the reactor core

W3(I) - The incremental change in RELAP5 volume number going from a given axial node to adjacent axial node for third stack of RELAP5 volumes (incrvl).

۴-۵-۱۰-۴-۶- تعریف دسته چهارم حجم‌های RELAP5 در قلب راکتور (کارت 40010414)

اگر سه دستهٔ حجم‌های RELAP5 کل قلب را شکل دهند، این ورودی باید حذف شود.

W1(I) - The RELAP5 volume at bottom axial node in reactor core for stack of volumes adjacent on inner side to third stack of RELAP5 volumes (ibotch).

W2(I) - The reactor core radial node number at the outer edge of fourth stack of volumes (nradsk). Radial node 1 is always on the centerline of the reactor core

W3(I) - The incremental change in RELAP5 volume number going from a given axial node to adjacent axial node for fourth stack of RELAP5 volumes (incrvl).

۴-۵-۱۰-۴-۷- تعریف دسته پنجم حجم‌های RELAP5 در قلب راکتور (کارت 40010415)

اگر چهار دستهٔ حجم‌های RELAP5 کل قلب را شکل دهند، این ورودی باید حذف شود.

W1(I) - The RELAP5 volume at bottom axial node in reactor core for stack of volumes adjacent on inner side to fourth stack of RELAP5 volumes (ibotch).

W2(I) - The reactor core radial node number at the outer edge of fifth stack of volumes (nradsk). Radial node 1 is always on the centerline of the reactor core

W3(I) - The incremental change in RELAP5 volume number going from a given axial node to adjacent axial node for fifth stack of RELAP5 volumes (incrvl).

۴-۵-۱۰-۴-۸- تعریف دسته ششم حجم‌های RELAP5 در قلب راکتور (کارت 40010416)

اگر پنج دستهٔ حجم‌های RELAP5 کل قلب را شکل دهند، این ورودی باید حذف شود.

W1(I) - The RELAP5 volume at bottom axial node in reactor core for stack of volumes adjacent on inner side to fifth stack of RELAP5 volumes (ibotch).

W2(I) - The reactor core radial node number at the outer edge of sixth stack of volumes (nradsk). Radial node 1 is always on the centerline of the reactor core

W3(I) - The incremental change in RELAP5 volume number going from a given axial node to adjacent axial node for sixth stack of RELAP5 volumes (incrvl).

۴-۵-۱۰-۴-۹- حجم‌های RELAP5 در تماس با سطح خارجی قلب (کارت 40010422)

W1(I) - The 9-digit RELAP5 volume number interfacing outer surface of reactor core at bottom most axial node in reactor core (ibotsr).

W2(I) - The incremental change in the RELAP5 volume number going from a given axial node to adjacent axial node above this node for stack of RELAP5 volumes interfacing outer surface of reactor core (inbypi).

W3(I) - The number of reactor core axial nodes per RELAP5 volume for outer surface of reactor core (nthbyp).

Example input for Card 40010422:

*	ibotsr	inbypi	nthbyp
40010422	300010000	10000	1

۴-۵-۱۰-۴-۱۰- حجم‌های RELAP5 بالا و پایین قلب راکتور (کارت 40010450)

W1(I) - The number of RELAP5 volume immediately below reactor core (ir5cbt).

W2(I) - The number of RELAP5 volume immediately above reactor core (ir5ctp).

Example input for Card 40010450:

```
*                ir5cbt          ir5ctp
40010450    015010000       180010000
```

۴-۵-۱۰-۵- پروفایل‌های توان

۴-۵-۱۰-۵-۱- توزیع توان محوری در قلب راکتور (ضرایب توان محوری) (کارت 40010500)

W1(I) - The number of RELAP5 volume immediately below reactor core (ir5cbt).

W2(I) - The number of RELAP5 volume immediately above reactor core (ir5ctp).

Example input for Card 40010450:

```
*                ir5cbt          ir5ctp
40010450        015010000       180010000
```

تعریف ضرایب شکل توان محوری برای هر ارتفاع تعریف شده در کارت 40010600 ادامه می‌یابد. ضریب توان محوری در هر موقعیت در قلب راکتور توسط میان‌یابی در جدول تعریف شده در کارت‌های 40010500 و 40010600 محاسبه می‌شود. کارت 40010500 می‌تواند در دو و یا بیش از دو خط ورودی با قرار دادن + در ستون اول خطوط بعدی ورودی تعریف شود. توزیع توان محوری می‌تواند حداکثر در ۱۰۰ ارتفاع تعریف شود.

Example input for Card 40010500:

```
*           pwzgsr(1) pwzgsr(2) pwzgsr(3) pwzgsr(4) pwzgsr(5) pwzgsr(6)
40010500      0.58      0.99      1.43      1.76      1.87      1.84
+             1.71      1.50      1.29      1.04
```

۴-۵-۱۰-۵-۲- توزیع توان محوری در قلب راکتور (ارتفاع‌ها) (کارت 40010600)

W1(R) - The elevation corresponding with the first axial power shape factor defined on Card 40010500 (zpwgsr(1) in m).

W2(R) - The elevation corresponding with the second axial power shape factor defined on Card 40010500 (zpwgsr(2) in m).

تعریف ارتفاع‌های هر ضریب شکل توان محوری تعریف شده در کارت 40010500 ادامه می‌یابد. ارتفاع اول باید برابر صفر باشد (ارتفاع پایین قلب راکتور) و آخرین ارتفاع باید برابر یا بزرگتر از ارتفاع کل قلب راکتور باشد. قلب راکتور شامل دو بخش سوخت و بازتابندهٔ قلب است. کارت 40010600 می‌تواند در دو و یا بیش از دو خط ورودی با قرار دادن + در ستون اول خطوط بعدی ورودی تعریف شود.

Example input for Card 40010600:

```
*           zpwgsr(1) zpwgsr(2) zpwgsr(3) zpwgsr(4) zpwgsr(5) zpwgsr(6)
40010600      0.0       1.275     2.125     2.975     3.825     4.675
```

+	5.525	6.375	7.225	8.50	

۴-۵-۱۰-۵-۳- توزیع توان محوری در قلب راکتور (ضرایب توزیع توان شعاعی) (کارت 40010700)

W1(R) - The ratio of power density at the first radius defined on Card 40010800 to the radially averaged power density (radial power shape factor) [pwrgsr(1)]. For a given radius, the radial power shape factors are assumed to be the same every axial node at that radius.

W2(R) - The ratio of power density at the second radius defined on Card 40010800 to radially averaged power density (radial power shape factor at second radius) [pwrgsr(2)].

تعریف ضرایب شکل توان شعاعی برای هر شعاع تعریف شده در کارت 40010800 ادامه می‌یابد. ضریب توان شعاعی در هر موقعیت در قلب راکتور توسط میان‌یابی در جدول تعریف شده در کارت 40010700 و 40010800 محاسبه می‌شود. کارت 40010700 می‌تواند در دو و یا بیش از دو خط ورودی با قرار دادن + در ستون اول خطوط بعدی ورودی تعریف شود. ضرایب شکل توان شعاعی می‌تواند حداکثر برای ۲۴ شعاع تعریف شوند.

Example input for Card 40010700:

*	pwrgsr(1)	pwrgsr(2)	pwrgsr(3)	pwrgsr(4)	pwrgsr(5)	pwrgsr(6)
40010700	0.0	0.0	0.75	1.00	0.91	0.83
+	0.83	0.0	0.0			

۴-۵-۱۰-۵-۴- توزیع توان شعاعی (شعاع هر ضریب توزیع توان شعاعی) (کارت 40010800)

W1(R) - The radius corresponding with first radial power shape factor defined on Card 40010700 [rpwgsr(1)].

W2(R) - The radius corresponding with second radial power shape factor defined on Card 40010700 [rpwgsr(2)].

تعریف شعاع‌ها برای هر ضریب شکل توان شعاعی تعریف شده در کارت 40010700 ادامه می‌یابد. اولین شعاع باید با مقدار صفر شروع شود (شعاع مرکز قلب راکتور) و شعاع آخر باید برابر یا بزرگتر از شعاع خارجی قلب راکتور باشد. قلب راکتور شامل بخش‌های حاوی سوخت و بازتابنده است. کارت 40010800 می‌تواند در دو و یا بیش از دو خط ورودی با قرار دادن + در ستون اول خطوط بعدی ورودی تعریف شود.

Example input for Card 40010800:

*	rpwgsr(1)	rpwgsr(2)	rpwgsr(3)	rpwgsr(4)	rpwgsr(5)	rpwgsr(6)
40010800	0.0	0.349	0.351	0.525	1.225	1.575
+	1.75	1.76	3.31			

۴-۵-۱۰-۶- خواص بستر ساچمه‌ای

۴-۵-۱۰-۶-۱- قابلیت انتشار سطوح ساچمه‌های سوخت و بازتابنده (کارت 40010900)

این کارت برای راکتور گازی بلوکی صرف‌نظر شود.

W1(R) - The emissivity of surface of fuel pebbles (emfgsr).

W2(R) - The emissivity of surface of reflector pebbles (erigsr).

W3(R) - The emissivity of surface of outer reflector (erogsr).

Example input for Card 40010900:

*	emfgsr	erigsr	erogsr
40010900	0.8	0.8	0.8

۴-۵-۱۰-۶-۲- حجم‌بندی محوری بازتابنده‌های بالا و پایین در بستر ساچمه‌ای راکتور گازی (کارت 40010910)

این کارت برای راکتور گازی بلوکی صرف‌نظر شود.

W1(I) - The top axial node in reflector below fueled part of core (krftpb). If 0, bottom reflector is not modeled.

W2(I) - The top axial node in fueled part of reactor core (kcrtop). If kcrtop = total number of axial nodes (naz), then top reflector is not modeled.

Example of Card 40010910:

*	krftpb	krftpb
40010910	10	80

۴-۵-۱۰-۶-۳- مشخصات بازتابنده‌های بالا و پایین در بستر ساچمه‌ای راکتور گازی (کارت 40010920)

این کارت برای راکتور گازی بلوکی صرف‌نظر شود.

W1(R) - The vertical flow channel area per unit cross-section area of reflector below fueled part of core (afrfbt).

W2(R) - The same as afrfbt (W1(R)), but for the reflector above the fueled part of core (afrftp).

W3(R) - The perimeter in contact with coolant per unit cross-sectional area for the bottom reflector (prrfbt in 1/m).

W4(R) - The same as prrfbt (W3(R)), but for the top reflector (prrftp in 1/m).

W5(R) - The thickness of the gaps in radial direction in the bottom reflector (tcrfbt in m). The radial gaps are assumed to be in form of a circle in a horizontal plane. Input 0.0 if no such gaps exist. This value used in calculation of effective thermal conductivity of bottom reflector in radial direction.

W6(R) - The same as tcrfbt (W5(R)), but for top reflector (tcrfbt in m).

W7(R) - The spacing in the radial direction between radial gaps in bottom reflector (dcrdbt in m). Input 100.0, or any number greater than diameter of core, if no such gaps exist. This value used in calculation of effective thermal conductivity of bottom reflector in radial direction.

W8(R) - The same as dcrdbt (W7(R)), but for top reflector (dcrdbt in m).

Example input for Card 40010920:

*	afrfbt	afrftp	prrfbt	prrftp	tcrfbt	tcrfbt	dcrdbt	dcrdbt
40010920	0.1	0.1	30.	30.	0.002	0.002	0.35	0.35

۴-۵-۱۰-۶-۴- تخلخل، ضریب انتشار و مشخصات کانال خنک‌کننده در بازتابندهٔ بالا و پایین بستر ساچمه‌ای(کارت 40010930)

W1(R) - The porosity of graphite in bottom reflector (prflbt).

W2(R) - The porosity of graphite in top reflector (prfltp).

W3(R) - The hydraulic diameter for convective heat transfer, bottom reflector (dirfbt in m).

W4(R) - The same as dirfbt (W3(R)), but for top reflector (dirftp in m).

W5(R) - The emissivity of internal surfaces in bottom reflector (emrfbt).

W6(R) - The emissivity of internal surfaces in top reflector (emrftp).

Example input for Card 40010930:

*	prflbt	prfltp	dirfbt	dirftp	emrfbt	emrftp
40010930	0.01	0.01	0.012	0.012	0.8	0.8

این کارت آخرین کارت ورودی برای تعریف قلب راکتور گازی دما بالا است.

۴-۵-۱۰-۷- ورودی محفظهٔ راکتور

اگر محفظهٔ راکتور مدل‌سازی نشده باشد، باید کارت‌های 40020000 تا 40020200 صرف‌نظر شوند.

۴-۵-۱۰-۷-۱- تعیین مدل محفظهٔ راکتور گازی (کارت 40020000)

W1(A) - Eight or less alphanumeric characters used to identify reactor vessel in output file.

W2(A) - htgrvess

Example input for Card 40020000:

*	W1(A)	W2(A)
40020000	vessel	htgrvess

۴-۵-۱۰-۷-۲- مشخصات محفظهٔ راکتور (کارت 40020100)

W1(R) - The inner radius of reactor vessel (rvigsr in m).

W2(R) - The outer radius of reactor vessel (rvogsr in m).

W3(I) - The number of radial nodes in reactor vessel (nvsgsr). The number of radial nodes must be equal to or less than 25.

W4(I) - The inner radius of second (outer) material in reactor (rvmgsr in m). If vessel composed of one material, input "0.0".

W5(I) - The radial node at interface of first (inner) and second (outer) materials in reactor vessel (nvmgsr). If vessel composed of one material, input "0".

W6(I) - The index identifying material in inner part of vessel material (imives); where

1 = carbon steel (no other material can currently be defined).

W7(I) - The index identifying material in outer part of vessel (imoves); where

1 = insulation with thermal conductivity of 0.161 W/m-K and heat capacity of 0.25×10^{5}J/kg-K. No other material is currently being modeled. Input "0" if second material not being modeled.

W8(R) - The initial temperature of vessel (tivgsr in K).

Example input for Card 40020100:

*	rvigsr	rvogsr	nvsgsr	rvmgsr	nvmgsr	imives	imoves	tivgsr
40020100	2.75	2.85	5	0.0	0	1	0	600.

۴-۵-۱۰-۷-۳- ضرایب انتشار سطوح داخلی و خارجی محفظهٔ راکتور (کارت 40020110)

W1(R) - The emissivity of inner surface of reactor vessel (evigsr).

W2(R) - The emissivity of outer surface of reactor vessel (evogsr).

Example input for card 40020110:

*	evigsr	evogsr
40020110	0.8	0.8

۴-۵-۱۰-۷-۴- اشتراک حجم‌های RELAP5 با محفظهٔ راکتور (کارت 40020200)

W1(I) - The 9-digit number identifying the RELAP5 volume connected to bottom axial node of inner surface of reactor vessel (ivlvsi).

W2(I) - The 9-digit number identifying RELAP5 volume connected to bottom axial node of outer surface of reactor vessel (ivlvso).

W3(I) - The incremental change in number of RELAP5 volume going from a given axial node to adjacent axial node above this node for inner surface of vessel (invesi).

W4(I) - The incremental change in number of RELAP5 volume going from a given axial node to adjacent axial node above this node for outer surface of vessel (inveso).

W5(I) - The number of axial nodes in structure per RELAP5 volume for inner surface of vessel (nthndi).

W6(I) - The number of axial nodes in structure per RELAP5 volume for outer surface of vessel (nthndo).

Example input for Card 40020200:

*	ivlvsi	ivlvso	invesi	inveso	nthndi	nthndo
40020200	300010000	500010000	10000	10000	1	1

این کارت، آخرین کارت ورودی برای محفظهٔ راکتور است.

۴-۵-۱۰-۸- ورودی بالا/پایین‌ریز

در کارت‌های 40030000 تا 40030200 مدل‌سازی بالا و پایین‌ریز برای برداشت بلندمدت گرمای واپاشی توسط گردش طبیعی هوای اتمسفر تعریف می‌شود. اگر سیستم راکتور حاوی بالا و پایین‌ریز نباشد، کارت‌های 40030000 تا 40030200 صرف‌نظر می‌شوند. بالاریز ساختاری است که مسیر جریان به سمت بالای مدار گردش طبیعی را تعریف می‌کند. فرض بر این است که این مسیر جریان از مسیر جریان پایین‌ریز به محفظهٔ راکتور نزدیک‌تر است. شکل سطح مقطع افقی مسیر جریان برای بالابر می‌تواند به صورت حلقوی و یا به صورت یک سری مستطیل منظم شده در یک دایره باشد.

۴-۵-۱۰-۸-۱- تعیین مدل بالاریز (کارت 40030000)

W1(A) - Eight or less alphanumeric characters used to identify the upcomer in output file.

W2(A) - htgrairc

Example input for Card 40030000:

*	W1(A)	W2(A)
40030000	upcomer	htgrairc

۴-۵-۱۰-۸-۲- مشخصات عمومی بالاریز (کارت 40030100)

W1(R) - The inner radius of upcomer (ridgsr in m).

W2(R) - The thickness in radial direction of structure defining flow path for upward flow of air in natural circulation loop connected to atmosphere (tawgsr in m). For annulus cross section of flow path, tawgsr is difference between radii of outer and inner surfaces of upcomer. For upcomer consisting of a series of separated air flow channels arranged in a circle, tawgsr is difference between radii of outer and inner surfaces of these structures defining the air flow paths.

W3(I) - The total number of radial nodes used in modeling heat conduction in upcomer (nacgsr, where nacgsr is limited to a maximum of 24).

W4(R) - The initial temperature of upcomer (tidgsr in K).

W5(R) - The emissivity of exterior surface of upcomer (emsdwn).

W6(I) - The index identifying material composition of upcomer (imtlac); where

1 = stainless steel (which is the only material currently allowed).

W7(I) - The index for indicating whether upcomer has annulus cross section or consists of a series of separated air flow channels arranged in a circle (inflow); where

0 = annulus cross section,

1 = series of separated air flow channels arranged in a circle.

Example input for Card 40030100:

*	ridgsr	tawgsr	nacgsr	tidgsr	emsdwn	imatlc	inflow
40030100	6.0	0.254	8	400.0	0.9	1	1

۴-۵-۱۰-۸-۳- پارامترهای هندسی بالاریز متشکل از کانال‌های جریان مجزا برای هوا

اگر پارامتر inflow در کارت 40030100 برابر صفر باشد، این کارت صرف‌نظر شود.

W1(R) - The outer width (circumferential direction) of an individual channel for air flow at mid-radius of channel (wbdgsr in m).

W2(R) - The width (circumferential direction) at mid-radius of gap between the individual channels for air flow (wgdgsr in m).

W3(R) - The width (circumferential direction) at mid-radius of internal flow area inside individual channel for air flow (wfdgsr in m).

W4(R) - The thickness of inner wall (wall facing reactor vessel) of air flow channels (taigsr in m).

W5(R) - The thickness of outer wall (wall facing downcomer) of air flow channels (taogsr in m).

W6(I) - The radial node at outer surface of inner wall of air flow channels (nr12ac).

W7(I) - The radial node at inner surface of outer wall of air flow channels (nr23ac).

Example input for Card 4003120:

*	wbdgsr	wgdgsr	wfdgsr	taigsr	taogsr	nr12ac	nr23ac
40030120	5.08e-2	5.08e-2	3.81e-2	6.35e-3	6.35e-3	3	6

۴-۵-۱۰-۸-۴- اشتراک حجم‌های RELAP5 با بالاریز (کارت 40030200)

W1(I) - The 9-digit number identifying RELAP5 volume connected to bottom axial node of inner surface of upcomer (ivlvsi).

W2(I) - The 9-digit number identifying RELAP5 volume connected to bottom axial node of outer surface of upcomer (ivlvso).

W3(I) - The incremental change in number of RELAP5 volume going from a given axial node to adjacent axial node above this node for inner surface of upcomer (invesi).

W4(I) - The incremental change in number of RELAP5 volume going from a given axial node to adjacent axial node above this node for outer surface of upcomer (inveso).

W5(I) - The number of axial nodes in structure per RELAP5 volume for inner surface of upcomer (nthndi).

W6(I) - The number of axial nodes in structure per RELAP5 volume for outer surface of upcomer (nthndo).

W7(I) - The 9-digit number identifying RELAP5 volume connected to bottom axial node for flow area inside upcomer (ibotac). Omit if inflow = 0 on Card 40030100.

W8(I) - The incremental change in number of RELAP5 volume going from a given axial node to adjacent axial node above this node for flow area inside upcomer (incrac). Omit if inflow = 0 on Card 40030100.

W9(I) - The number of structural axial nodes per RELAP5 volumes representing flow inside upcomer (nthnod). Omit if inflow = 0 on Card 40030100.

Example input for card 40030200:

*	ivlvsi	ivlvso				
40030200	500010000	500010000				
*	invesi	nthdni	nthdno	ibotac	incrac	nthnod
+	10000	1	1	600010000	10000	1

۴-۵-۱۰-۸-۵- ورودی پایین‌ریز (کارت 40040000)

W1(A) - Eight or less alphanumeric characters used to identify downcomer in output file.

W2(A) - htgrdncm

Example input for Card 40040000:

*	W1(A)	W2(A)
40040000	downcomr	htgrdncm

۴-۵-۱۰-۸-۶- مشخصات عمومی پایین‌ریز (کارت 40040100)

W1(R) - The inner radius of downcomer (ribgsr in m).

W2(R) - The difference between radii of outer and inner surfaces of downcomer (thkdwn in m).

W3(I) - The number of radial nodes in downcomer (ndngsr, where ndngsr is limited to a maximum of 24).

W4(I) - The index identifying material composition of the downcomer (imtldn); where

1 = stainless steel (which is the only material currently allowed).

W5(R) - The initial temperature of downcomer (tibgsr in K).

W6(R) - The emissivity of surfaces of downcomer (emscav).

Example input for Card 40040100:

*	ribgsr	thkdwn	ndngsr	imtldn	tibgsr	emscav
40040100	8.0	2.5e-2	5	1	350.0	0.8

۴-۵-۱۰-۸-۷- اشتراک حجم‌های RELAP5 با پایین‌ریز (کارت 40040200)

W1(I) - The 9-digit number identifying RELAP5 volume connected to bottom axial node of inner surface of downcomer (ivlvsi).

W2(I) - The 9-digit number identifying RELAP5 volume connected to bottom axial node of outer surface of downcomer (ivlvso).

W3(I) - The incremental change in number of RELAP5 volume going from a given axial node to adjacent axial node above this node for inner surface of downcomer (invesi).

W4(I) - The incremental change in number of RELAP5 volume going from a given axial node to adjacent axial node above this node for outer surface of downcomer (inveso).

W5(I) - The number of axial nodes in structure per RELAP5 volume for inner surface of downcomer (nthndi).

W6(I) - The number of axial nodes in structure per RELAP5 volume for outer surface of downcomer (nthndo).

Example input for Card 40040200:

*	ivlvsi	ivlvso	invesi	inveso	nthndi	nthndo
40040200	500010000	700010000	10000	10000	1	1

۴-۵-۱۰-۹- محفظهٔ ایمنی

در کارت‌های 40050000 تا 40050200 مدل‌سازی محفظهٔ ایمنی و مواد اطراف انجام می‌شود. اگر محفظهٔ ایمنی و مواد اطراف مدل نشده باشند، این کارت‌ها صرف‌نظر می‌شوند. مدل‌سازی محفظهٔ ایمنی نیازمند مدل‌سازی محفظهٔ راکتور است. اگر طراحی راکتور شامل بالاریز و پایین‌ریز نباشد، آنگاه کارت‌های ورودی محفظهٔ ایمنی به جای 4005xxxx، کارت‌های 4003xxxx خواهند بود.

۴-۵-۱۰-۹-۱- تعیین مدل محفظهٔ ایمنی و مواد اطراف (کارت 40050000)

W1(A) - Eight or less alphanumeric characters used to identify reactor containment in output file.

W2(A) - htgrcont

Example input for Card 40050000:

*	W1(A)	W2(A)
40050000	conearth	htgrcont

۴-۵-۱۰-۹-۲- مشخصات محفظهٔ ایمنی و مواد اطراف (کارت 40050100)

W1(R) - The inner radius of containment (rcigsr in m).

W2(R) - The outer radius of containment and if present, surrounding earth in contact with the containment, (rcogsr in m). If containment in contact with surrounding earth, set rcogsr to upper bound of radius that heat from reactor may be transported.

W3(I) - The number of radial nodes in containment and any surrounding material (ncngsr). The number of radial nodes must be equal to or less than 24.

W4(R) - The thickness of liner on concrete at inside surface of containment (thklnr in m). If containment designed to not have liner, input "0.0".

W5(I) - The radial node at interface of liner and concrete for case of containment composed of liner, concrete, and earth; radial node at interface of concrete and containment for case of containment composed of concrete and surrounding earth (ncmgsr). If containment does not have liner and is not in contact with surrounding earth, input "0".

W6(I) - The index identifying material in liner of containment (imicon); where

1 = containment has liner composed of stainless steel (which is the only material currently allowed). If containment does not have a liner, input "0".

W7(I) - The index identifying material composition of containment (imocon); where

1 = concrete (which is the only material currently allowed).

W8(R) - The initial temperature of containment (ticgsr in K).

Example input for Card 40050100:

*	rcigsr	rcogsr	ncngsr	thklnr	ncmgsr	imicon	imocon	ticgsr
40050100	10.0	14.0	12	2.5e-2	2	1	0	300.

۴-۵-۱۰-۹-۳- مشخصات اضافی محفظهٔ ایمنی (کارت 40050110)

W1(R) - The thickness of concrete wall of containment (thkcon in m).

W2(I) - The radial node at interface of concrete and earth (nc3gsr). If earth not in contact with containment, input "0".

W3(R) - The emissivity of inner surface of containment (ecngsr).

Example input for Card 40050110:

*	thkcon	nc3gsr	ecngsr
40050110	1.0	6	0.7

۴-۵-۱۰-۹-۴- اشتراک حجم‌های RELAP5 با سطح داخلی محفظهٔ ایمنی (کارت 40050200)

W1(I) - The 9-digit number identifying RELAP5 volume connected to bottom axial node of inner surface of containment (ivlcon).

W2(I) - The incremental change in number of RELAP5 volume going from a given axial node to adjacent axial node above this node (incont).

W3(R) - The number of structure axial nodes per RELAP5 volume (nthnod).

Example of input for Card 40050200:

*	ivlcon	incont	nthnod
40050200	700010000	-10000	1

۵- جمع‌بندی

در این گزارش دو بخش اصلی کلیات و راهنمای کاربری کد SCDAP/RELAP5 ارائه گردید که برگرفته از جلد اول و سوم راهنمای کد می‌باشد. سایر مجلدات راهنمای کد شامل مدل‌های به کار رفته در کد، کتابخانهٔ خواص مواد و همچنین ارزیابی مدل‌های به کار رفته در کد می‌باشد که بر اساس اولویت‌بندی در این گزارش ارائه نشده‌اند و برای آشنایی بیشتر با این کد می‌توان به آنها مراجعه نمود.

فهرست مراجع

1. SCDAP/RELAP5-3D Code Development Team, (2003), “SCDAP/RELAP5-3D CODE MANUAL, VOLUME 1: CODE ARCHITECTURE AND INTERFACE OF THERMAL HYDRAULIC AND CORE BEHAVIOR MODELS”, Idaho National Engineering and Environmental Laboratory.
2. SCDAP/RELAP5-3D Code Development Team, (2003), “SCDAP/RELAP5-3D CODE MANUAL, VOLUME 3: USER’S GUIDE AND INPUT MANUAL”, Idaho National Engineering and Environmental Laboratory.