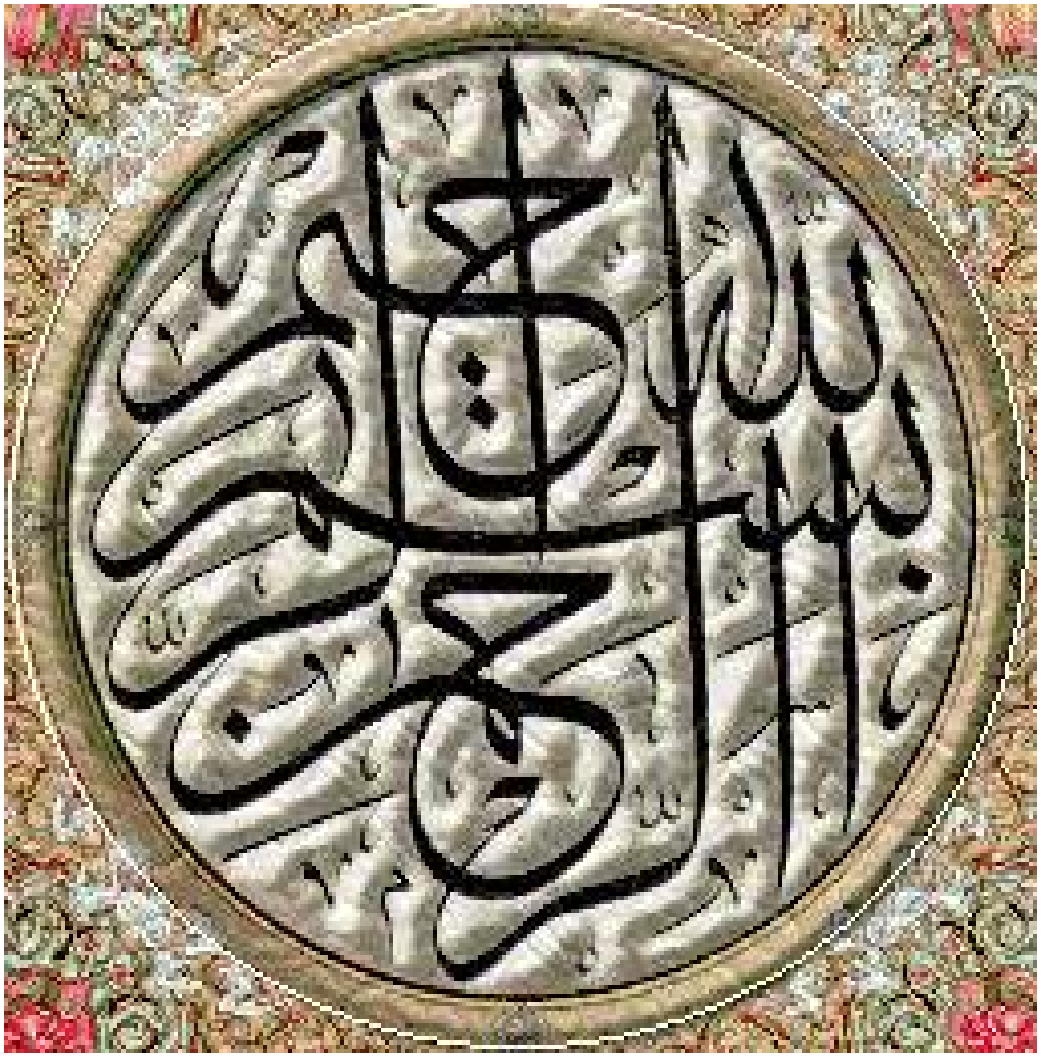


دانشگاه صنعتی امیرکبیر

(پلی تکنیک تهران)

دانشکده: **مهندسی هسته ای و فیزیک**

پایان نامه کارشناسی ارشد

رشته تحصیلی: **مهندس هسته ای**

عنوان

تعیین نسبت حجمی گاز و رژیم های مختلف جریان به بهره گیری از کدMCNP و شبکه های عصبی

استاد راهنما

دکتر مجتبی شمسایی

دکتر هادی دویلو

دانشجو

علی ربیعی

دانشگاه صنعتی امیرکبیر
(پلی‌تکنیک تهران)

بسمه تعالی

فرم اطلاعات پایان‌نامه

کارشناسی- ارشد و دکترا

تاریخ:
شماره:

معاونت پژوهشی
فرم پروژه تحصیلات تکمیلی ۷

مشخصات دانشجو:

نام و نام خانوادگی: علی ربیعی دانشجوی آزاد ● بورسیه ○ عادل ○

شماره دانشجوئی: ۸۵۱۱۲۰۱۰ دانشکده: دانشکده مهندسی هسته ای و فیزیک رشته تحصیلی: مهندسی هسته ای گروه: پرتوپزشکی

مشخصات استاد راهنما:

نام و نام خانوادگی: دکتر مجتبی شمسایی درجه و رتبه: عضو هیئت علمی - استادیار

نام و نام خانوادگی: دکتر هادی دویلو درجه و رتبه: عضو هیئت علمی -دانشیار

مشخصات استاد مشاور:

نام و نام خانوادگی: سعید طالبی درجه و رتبه: دانشجوی دکترا

نام و نام خانوادگی: درجه و رتبه:

عنوان پایان‌نامه به فارسی تعیین نسبت حجمی گاز و رژیم های مختلف جریان به بهره گیری از کد MCNP و شبکه های عصبی

عنوان پایان‌نامه به انگلیسی: Void fraction and flow regime determination using MCNP code and neural network

نوع پروژه: کارشناسی ○ ارشد ● دکتر ا ○ سال تحصیلی: ۸۸-۸۷

کاربردی ● بنیادی ○ توسعه‌ای ● نظری ○

تاریخ شروع : ۸۶/۷/۱ تاریخ خاتمه : دی ۸۷ تعداد واحد : ۶ سازمان تأمین کننده اعتبار :

واژه‌های کلیدی به فارسی: نسبت حجمی گاز،رژیم جریان،پرتو گاما،شبکه های عصبی،چگالی سنجی

واژه‌های کلیدی به انگلیسی : void fraction,flow regime,gamma ray,neural network, densitometry

مشخصات ظاهری	تعداد صفحات ۱۱۲	تصویر ● جدول ● نمودار ● نقشه ○ واژه‌نامه ●		تعداد مراجع ۱۸	تعداد صفحات ضمائم
زبان متن	فارسی ●	انگلیسی ○	چکیده	فارسی ●	انگلیسی ●
یادداشت					

نظرها و پیشنهادها به منظور بهبود فعالیت‌های پژوهشی دانشگاه

استاد:

دانشجو:

امضاء استاد راهنما: **تاریخ:**

۱ : ارائه به معاونت پژوهشی به همراه یک نسخه الکترونیکی از پایان‌نامه و فرم اطلاعات پایان‌نامه بصورت PDF همراه چاپ چکیده (فارسی انگلیسی) و فرم اطلاعات پایان‌نامه

۲ : ارائه به کتابخانه دانشکده (شامل دو جلد پایان نامه به همراه نسخه الکترونیکی فرم در لوح فشرده طبق نمونه اعلام شده در صفحه خانگی کتابخانه مرکزی)

مرکزی)

تقدیم به پدر و مادرم:

پدر و مادر، ای لطیف‌ترین گل‌های بوستان زندگی، ای زیباترین، محبوب-ترین و مقدس‌ترین واژگان زندگانیم. گاهِ پروریدنم آغوشی گرم بودید که بالنده‌ام سازد. گاهِ بیماری‌ام، چون طبیبی بودید که دردم را می شناسد و درمانم می‌کند. گاهِ تعلیمم، چون معلمانی خستگی‌ناپذیر و سخت‌کوش بودید که حرف به حرف دانایی را در گوشم زمزمه می‌کنند. مادرم زیباتر از بهاری و پدرم لبریزتر از عظمتی.

سایه پربرکتتان مستدام و بلندای وجودتان همیشه استوار.

با سپاس فراوان از

- **دکتر شمسایی و دکتر دویلو اساتید راهنمای پروژه و مهندس طالبی استاد مشاور پروژه که جاجای این پروژه مالامال از آموزش های آنهاست.**
- **دکتر قریب و دکتر استکی که یاری رسان بنده در تصحیح پروژه بودند.**
- **دکتر ربیعی برادر گرانقدرم و سایر اعضای خانواده‌ام که هیچ‌گاه حمایت‌های خویش را از بنده دریغ نفرمودند.**
- **دوستان و هم دانشگاهیانم آقایان مهدی کفائی، محمدحسین چوپان، وحید اسماعیلی، محمدرضا عامری، حسن حقیقی ، محمدرضا حسینیان و اسماعیل زمین‌پیما که راهنمایی‌های آنها در زمینه های مختلف گره گشای کار بود.**
- **از سایر اعضای هیات علمی دانشگاه که افتخار شاگردیشان را داشتم.**

چکیده

چگالی‌سنجی به وسیله پرتوگاما به‌عنوان یک روش غیرمخرب و توانمند برای اندازه‌گیری نسبت حجمی گاز و رژیم جریان در لوله های شامل جریانهای دو فازی و چند فازی مورد استفاده قرار می‌گیرد.اساس کار در این روش اندازه‌گیری تضعیف پرتوگاما می‌باشد .هدف این پروژه این است که با استفاده از یک چشمه گامای کم انرژی(Am^{241}) نسبت حجمی گاز ورژیم جریان محاسبه گردد.

کد مونت کارلوی MCNP برای شبیه‌سازی رژیم‌های مختلف جریان استفاده شده است.شبیه‌سازیها همه محدوده نسبت حجمی گاز را برای رژیم‌های جریان Annular،Bubbly وDroplet پوشش می-دهد.سپس با استفاده از طیف‌های حاصل از شبیه‌سازی رژیم‌های جریان با کد MCNP به عنوان ورودی شبکه عصبی،نسبت حجمی گاز و رژیم جریان با خطای پایینی محاسبه می‌گردد.با توجه به نتایج و نمودارهای حاصل، عملکرد و ساختار سیستم‌های مبتنی بر این روش مورد تایید قرار می‌گیرد.

فهرست عناوین

صفحه

۱ مقدمه ۵

۱.۱ اهمیت تعیین نسبت حجمی گاز ۶

۲.۱ مروری بر کارهای انجام شده ۶

۳.۱ هدف ۹

۲ مقدمه ای برجریانهای دوفازی و رژیم های جریان ۱۱

۱.۲ پارامترهای اولیه ۱۲

۱.۱.۲ سرعت ظاهری ۱۲

۲.۱.۲ سرعت مخلوط ۱۳

۳.۱.۲ نسبت حجمی ورودی ۱۳

۴.۱.۲ سرعت لغزش ۱۴

۵.۱.۲ نسبت لغزش ۱۴

۶.۱.۲ نسبت حجم ۱۴

۷.۱.۲ سرعت متوسط ۱۴

۲.۲ مدل های تحلیل جریان دوفازی ۱۵

۱.۲.۲ مدل جریان همگن ۱۵

۲.۲.۲ مدل جریان فازهای جدا از هم ۱۶

۳.۲ مدل الگوی جریان ۱۶

۱.۳.۲ الگوهای جریان عمودی ۱۶

۲.۳.۲ الگوهای جریان افقی ۱۸

۳.۳.۲ نقشه‌های الگوی جریان ۲۲

۴.۲ جوشش ۲۴

۱.۴.۲ جوشش استخری ۲۴

۲.۴.۲ جوشش همراه با جریان سیال ۲۸

۳.۴.۲ دسته بندی جوشش از نظر دمای بالک سیال ۳۱

۴.۴.۲ نقشه جوشش ۳۱

۳ برهمکنش های هسته ای با مواد ۳۳

۱.۳ ذرات باردار سنگین ۳۳

۲.۳ الکترونها و پوزیترونها ۳۵

۳.۳ تشعشعات ایکس و گاما ۳۸

۱.۳.۳ فوتوالکتریک ۳۸

۲.۳.۳ سطح مقطع جذب فوتوالکتریک (τ) ۳۹

۳.۳.۳ اثر کمپتون ۴۰

۴.۳.۳ تولید زوج ۴۲
۵.۳.۳ پراکندگی ریلی ۴۵
۶.۳.۳ پراکندگی تامسون ۴۵
۴.۳ نوترونها ۴۶
۵.۳ محاسبات آماری تولید یونش ۴۸

۴ شبیه سازی مونت کارلو و کد MCNP و شبکه های عصبی مصنوعی ۵۱

۱.۴ شبیه سازی مونت کارلو و کد MCNP ۵۱
۱.۱.۴ تاریخچه کد MCNP ۵۱
۲.۱.۴ فرم نوشتن برنامه ۵۲
۳.۱.۴ هندسه MCNP ۵۴
۴.۱.۴ کارت داده ها ۶۰
۲.۴ شبکه های عصبی مصنوعی ۶۵
۱.۲.۴ شبکه عصبی چیست؟ ۶۷
۲.۲.۴ کاربرد شبکه های عصبی ۶۸
۳.۲.۴ شبکه های عصبی در مقابل کامپیوترهای معمولی ۶۹
۴.۲.۴ روش کار نرون ۷۰
٤-۲مشخصات اصلی یک نرون بیولوژیکی ۷۱
۵.۲.۴ ساختار مغز ۷۲
۶.۲.۴ ساختار آموزش‌های شبکه عصبی ۷۵
۷.۲.۴ تقسیم بندی‌های الگوریتم‌های آموزش پس‌انتشار خطا ۷۷
۱- آموزش‌های کند ۷۷
۲- تند و سریع ۷۷
۸.۲.۴ الگوریتم آموزش LMS ۷۹
۹.۲.۴ ساختارهای اساسی شبکه‌های عصبی ۷۹
۱- پیشخور ۷۹
۲- برگشتی ۸۲

۵ روش تحقیق ۸۵

۱.۵ Annular flow ۸۵
۲.۵ Bubbly flow ۸۶
۳.۵ Droplet flow ۸۸
۴.۵ خصوصیات آشکارساز ۸۹
۵.۵ خصوصیات چشمه ۹۰
۶.۵ محاسبات طیف سنجی ۹۱

۶ بحث و ارئه نتایج ۹۳
۱.۶ طیف های حاصل از رژیم های جریان ۹۳
۲.۶ ساختار شبکه عصبی ۹۶
۳.۶ مدل ۴ ورودی با ۷ نرون در لایه مخفی ۹۷
۴.۶ مدل ۶ ورودی با ۷ نرون در لایه مخفی ۱۰۱
۵.۶ مدل ۷ ورودی با ۷ نرون در لایه مخفی ۱۰۴
۷ نتیجه گیری و پیشنهادات برای ادامه کار ۱۰۸
۸ منابع و مراجع ۱۱۰

۱ مقدمه

در مطالعه جریانهای دو فازی یکی از مهمترین پارامترهای تعیین کننده برای طراحی و بهینه سازی نسبت حجمی گاز[1] می باشد که بنا به تعریف نسبت حجمی گاز در یک سیال دو فازی برابر است با نسبت حجم گاز به حجم کل در آن سیال

$$\alpha=\frac{V_g}{V}=\frac{V_g}{V_g+V_l} \qquad (۱-۱)$$

$$V=V_g+V_l$$

برای جریان در لوله تعریف زیر برای نسبت حجمی گاز مرسوم تر است:

$$\alpha=\frac{A_g}{A} \qquad (۱-۲)$$

که A_g برابر است با سطحی از مقطع لوله که توسط گاز اشغال شده است و A برابر با مساحت مقطع عرضی لوله است .نسبت حجمی گاز تابع پارامتر های مختلف ترموهیدرولیکی از جمله فشار سیستم، دمای سیال ورودی به کانال، شار حرارتی کانال، دبی ورودی سیال، نوع سیال به کار رفته شده، هندسه کانال،طول کانال و... می باشد

[1]- Void fraction

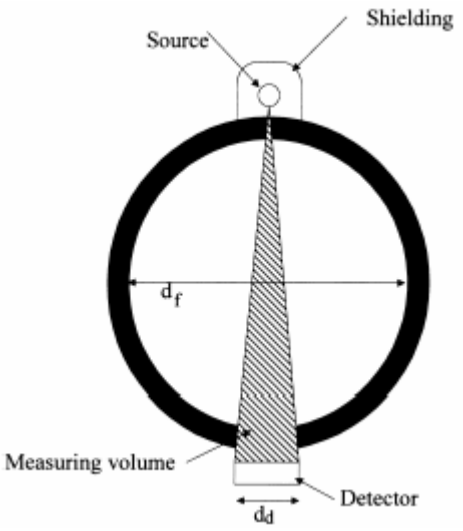
۱.۱ اهمیت تعیین نسبت حجمی گاز

کاربرد نسبت حجمی گاز در جریانهای دو فازی اهمیت پیدا می کند.در جریان های دوفازی ،سیال مخلوطی از فاز گاز و مابع می باشد.جریان های دو فازی در موارد مختلفی از صنعت از قبیل نفت وگاز، هوا و فضا، هسته ای، پیل های هیدروژنی و ... کاربرد دارد.به طور مثال در صنعت نفت همواره نفت موجود در مخازن زیرزمینی را با استفاده از فشار گاز طبیعی استخراج می کنند بنابراین خروجی چاه نفت می تواند مخلوط دو فازی نفت و گاز طبیعی باشد.در راکتورهای هسته ای BWR به دلیل مکانیزم جوشش در سطح میله های سوخت، همواره مخلوط دو فازی از بخار و آب در قلب راکتور وجود دارد.به طور کل در هر جایی که جریان دو فازی وجود دارد، دانستن نسبت حجمی گاز از اهمیت زیادی برخوردار است.گاهی اوقات در تجهیزات مهندسی مجبوریم پارامتر نسبت حجمی گاز را کنترل کنیم مثلا در راکتور هسته ای این پارامتر را باید به گونه ای کنترل کنیم تا به نقطهDry out نرسیم.این کنترل می تواند از طریق افزایش یا کاهش یکی از فازها یا تغییر پارامترهایی مانند فشار، دما، دبی و... سیستم صورت گیرد.از طرفی اکثر لوله های صنعتی فلزی بوده و مقدار نسبت حجمی گاز داخل آن قابل دیدن نیست.با توجه به مطالب گفته شده شبیه‌سازی سیستمی که بتواند نسبت حجمی گاز را در لوله های صنعتی اندازه گیری کند می تواند بسیار مفید و مثمرثمر واقع شود.

۲.۱ مروری بر کارهای انجام شده

نسبت حجمی گاز از روشهای مختلفی اندازه گیری می شود که هر کدام از این روشها دارای مزایا ومعایبی می باشند.در سالهای اخیر چگالی سنجی به وسیله پرتو گاما به عنوان یک روش غیر مخرب و توانمند برای اندازه گیری نسبت حجمی گاز در لوله های شامل جریانهای دو فازی و چند فازی مورد استفاده قرار گرفته است.اساس کار در این روش اندازه گیری تضعیف پرتوگاما می باشد به طوری که می‌توان با استفاده از یک چشمه گاما وتعدادی دتکتور نسبت حجمی گاز را محاسبه کرد. میزان تضعیف پرتو گاما به عواملی همچون ترکیب سیال،انرژی فوتون،قطر لوله،ضخامت دیواره لوله و ماده به کار رفته در آن وابسته است.

در چگالی سنجهای سنتی از یک چشمه ^{137}CS و یک آشکار ساز PMT که در امتداد قطر لوله روبروی هم قرار گرفته اند استفاده میشود. عمومی ترین شکل اندازه گیری برای پرتو گاما تک بیم در شکل(۱-۱)نشان داده شده است. نسبت حجمی گاز بوسیله اندازه گیری میانگین ضریب تضعیف خطی موثر و حجم اندازه گیری شده روی سطح مقطع لوله تعیین می شود.[۱]

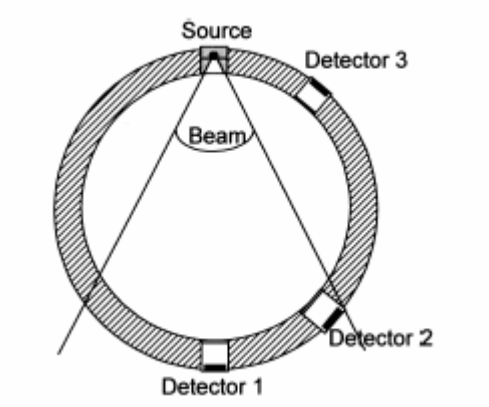


شکل(۱-۱) - چشمه نقطه ای و آشکار سازی که مقابل آن در امتداد قطر قرار گرفته است.[۱]

با توجه به شکل(۱-۱) مشاهده می‌شود که اندازه‌گیری نسبت حجمی گاز قویا به رژیم جریان وابسته است زیرا محتوای حجم اندازه‌گیری اغلب نشان دهنده سطح مقطع کل لوله نیست برای رفع این مشکل E.Abro وG.A.Johansen در یک کار تجربی از یک چشمه نقطه‌ای همسانگرد ۱٤mCi ^{241}Amو آشکار سازهای CZT در اطراف لوله (نفت و گاز) استفاده کردند و برای رژیم Annular وStratified کسر خلأ را از رابطه زیر محاسبه نمودند:

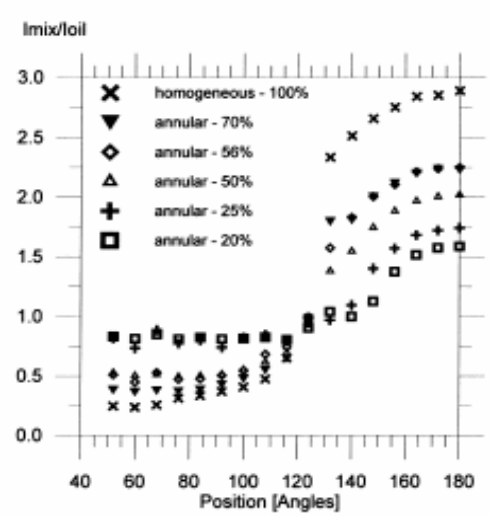
$$\alpha = \frac{\ln(\frac{I_{mix}}{I_{oil}})}{\ln(\frac{Igas}{I_{oil}})} \qquad (۱-۱)$$

بطوریکه I_{oil} و I_{gas} به ترتیب برابر با 100% oilو 100% gas می باشد.این مقادیر به عنوان مقادیر کالیبراسیون استفاده می شوند.در سیستم ارایه شده در شکل(۱-۲) ، از یک چشمه نقطه ای .با چندین دتکتور در اطراف آن استفاده شده است.[۲]

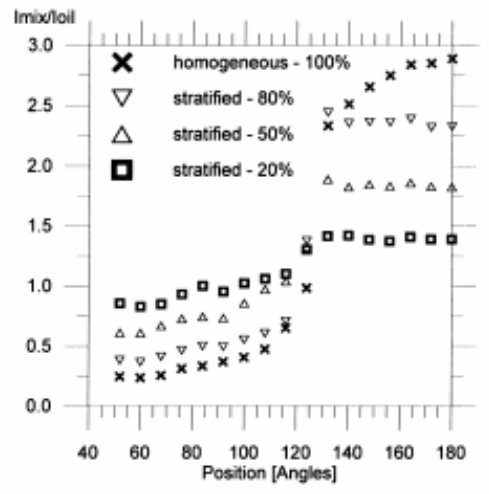


شکل(۱-۲)- چشمه نقطه ای و آشکار سازهای قرار گرفته در اطراف لوله[۲]

اغلب مکانیزم های بر هم کنش برا ی فوتون های با انرژی پایین از نوع اثر فوتوالکتریک و اثر کامپتون هستند. I_{mix} به سختی اندازه گیری می شود و به مقدار نفت و گاز در جریان وابسته است. می توان در معادله اینطور فرض کرد که سهم فوتون های پراکنده شده ناچیز است. سهم فوتون های پراکنده شده به مواردی از قبیل ضخامت و ماده دیواره لوله، کسر خلأ (یا به عبارتی ضریب تضعیف خطی)، توزیع نفت و گاز در لوله (یا به عبارتی رژیم جریان) و وجود کولیماتور (موازی ساز) آشکار ساز وابسته است.. واضح است که در معادله (۱-۱) نسبتI_{gas}/I_{oil} میزان نفوذ پذیری سیستم را نشان می دهد. شکل های (۱-۳)و(۱-٤) نسبت I_{mix}/I_{oil} را برای همه فانتوم ها رسم کرده است. نسبت ها بوسیله شمارش موارد روی داده با زمان اندازه گیری ثابت در پیک کامل انرژی پیدا می شود.



شکل(۱-۳)- نسبت های I_{mix}/I_{oil} برای جریان Annular.[۲]



شکل(۱-۴)- نسبت های I_{mix}/I_{oil} برای جریان Stratified.[۲]

یکی از اشکالات موجود در این روش این است که فوتونهای پراکنده در نظر گرفته نمی شوند که این موضوع باعث کاهش دقت در محاسبه کسر خلا می شود.

۳.۱ هدف

استفاده از شبیه‌سازی می‌تواند ضریب اطمینان کار با مواد و دستگاههای هسته‌ای را افزایش دهد و در آغاز هر طراحی تجربی یک شبیه‌سازی کامپیوتری مفید و قابل توجه می‌باشد. روش مونته کارلو و کد

MCNP در شبیه‌سازیهای هسته‌ای جایگاه خاصی یافته تا جاییکه به عنوان یک کد همه منظوره درترابرد ذرات معرفی گردیده است در این پروژه از کد MCNP به منظور شبیه سازی رژیم های Annular،Bubbly وDroplet استفاده شده است.با توجه به نیاز به حفاظ در اطراف چشمه و همچنین نیاز به آشکار سازهای متعدد به منظور پوشش کل حجم لوله،تعدادی از آشکارسازها در خارج از پرتو گاما قرار می گیرند و فقط پرتوهای پراکنده را دریافت خواهند نمود،وچون برای پرتوهای پراکنده رابطه تحلیلی نداریم از داده های به دست آمده از کدMCNP برای آموزش شبکه عصبی استفاده خواهیم کردو در نهایت نسبت حجمی گاز و رژیم جریان محاسبه خواهد شد. شبکه عصبی یکی از ابزارها و راهکارهای اساسی در حل مسایل مهندسی در حوزه شبیه‌سازی، تخمین، شناسایی، کنترل، کاهش مدل و بهینه‌سازی بوده که براساس ساختار حل موازی عملیات‌های محاسباتی را انجام می‌دهد. این روش بر اساس اصول شبکه‌های عصبی موجودات زنده پایه‌ریزی گردیده است.در فصل چهارم کلیاتی در زمینه کد MCNP و شبکه های عصبی آورده شده است.

۲ مقدمه‌ای برجریان‌های دوفازی و رژیم‌های جریان

جریانهای دوفازی گاز مایع کاربرد وسیعی در صنایع دارند. به عنوان مثال درصنعت هسته‌ای مخصوصا در طراحی نیروگاههای BWR. در صنعت پتروشیمی و در تولید و انتقال نفت و گاز، در لوله های جریان ممکن است جریان شامل دو یا چند فاز باشد. در نیروگاهها، مایع در بویلر به بخار تبدیل می شود و جریان دوفازی مایع–بخار در لوله های بویلر ایجاد می شود. همچنین در چگالنده ها بخار مجددا به مایع تبدیل شده و در اینجا نیز چنین جریانی داخل لوله های چگالنده دیده می شود. در خلال تهیه سوختهای مایع، سوخت ابتدا تبخیر شده و سپس در برج تقطیر طی مراحلی تقطیر می شود لذا در اینجا نیز جریان دو فازی مایع–بخار وجود دارد. در مبحث احتراق نیز، چه در موتورهای احتراق داخلی و چه در کوره ها قطرات مایع در حال حرکت در فاز گاز هستند که در همین حین بخار می شوند. بنابر این مبحث جریان دوفازی یکی از مباحث اساسی است که صنایع مختلف با آن درگیر هستند.

با توجه به اهمیت زیاد تحلیل جریان های دو فازی، مقالات زیادی در زمینه فرموله کردن آنها، روابط تجربی و معادلات ریاضی ظاهر شده در این روابط، منتشر شده است. به رغم این پیشرفتها، مدلهای در دسترس جریانهای دوفازی نقایص و محدودیتهای بسیاری دارند که عموما ناشی از طبیعت جریان دوفازی و همچنین کمبود روابط و داده های تجربی است.

مشکل عمده در طراحی و پیش بینی سیستمهای گاز– مایع در مدلهای موجود برای فازهای گاز و مایع می باشد. سطح بین گاز و مایع می تواند به اشکال مختلف باشد. این اشکال به عنوان الگوهای جریان می باشند که خصوصیت بسیار مهمی از جریانهای دو فازی است. در جریانهای تک فاز در لوله ها پارامتر های طراحی از قبیل افت فشار می توانند از یک مسیر مشخص و راحت محاسبه شوند. اگرچه حضور یک فاز دیگر در فهمیدن و مدل کردن سیستم جریان مشکل آفرین است اما خصوصیات هیدرودینامیکی جریان بصورت مشخص از یک الگو به الگوی دیگر تغییر میکند بعنوان مثال ثابت شده

است برای شرایط مشابه جریان، الگوهای جریان slug و wavy ممکن است تنها نتیجه اختلاف در افت فشار باشند[۳].

تعیین الگوی جریان در جریان دو فازی بسیار مهم است. بعضی از پارامترهای انتقال حرارت محاسبه شده در جریان Stratified ممکن است با مقادیر محاسبه شده در جریان Annular چندین برابر اختلاف داشته باشند. برای محاسبه صحیح افت فشار نیز نیاز به تعیین دقیق الگوی جریان می باشد.

۱.۲ پارامترهای اولیه

پارامترهای اولیه جریان در رژیم‌های مختلف عبارتند از:

۱.۱.۲ سرعت ظاهری

سرعت ظاهری[1] فازهای گاز و مایع (U_{sl}, U_{sg}) بصورت حاصل تقسیم دبی حجمی فاز جریان بر سطح مقطع لوله یا کانال تعریف می شود[۳]:

$$U_{sl} = \frac{Q_l}{A} \qquad (۱-۲)$$

$$U_{sg} = \frac{Q_g}{A} \qquad (۲-۲)$$

که در آن Q_l و Q_g بترتیب دبی حجمی جریان مایع و گاز می باشند و A سطح مقطع کل لوله یا کانال می باشد.

[1] Superficial velocity

۲.۱.۲ سرعت مخلوط[1]

سرعت مخلوط به صورت حاصل جمع سرعت های ظاهری مایع و گاز می باشد[۳]:

$$U_m = U_{sl} + U_{sg} \qquad (۳-۲)$$

۳.۱.۲ نسبت حجمی ورودی[2]

نسبت حجمی ورودی فازهای مایع و گاز (C_l, C_g) بصورت زیر تعریف می شوند[۳]:

$$C_l = \frac{Q_l}{Q_l + Q_g} = \frac{U_{sl}}{U_m} \qquad (٤-۲)$$

$$C_g = \frac{Q_g}{Q_l + Q_g} = \frac{U_{sg}}{U_m} \qquad (٥-۲)$$

بنا به تعریف داریم:

$$C_l + C_g = 1 \qquad (٦-۲)$$

در جریانهای دوفازی دو فاز با چگالی[3] و لزجت[4] متفاوت در کنار هم جریان دارند. معمولا در لوله ها یا کانالهای های افقی و شیب دار رو به بالا، فاز با چگالی و لزجت کمتر تمایل دارد که با سرعت بیشتر حرکت کند. در جریان گاز- مایع، به غیر از جریان با شیب روبه پایین، گاز بسیار سریعتر از مایع حرکت می کند. این تفاوت در سرعت متوسط دو فاز به یک خصوصیت مهم به نام سرعت لغزش منجر می شود[۳]

[1] Mixture velocity

[2] Inlet volume fraction

[3] Density

[4] Viscosity

۴.۱.۲ سرعت لغزش[۱]

سرعت لغزش دو فاز بصورت اختلاف بین سرعت محلی دو فاز تعریف می شود[۳]:

$$slip\,velocity = V_g - V_l \qquad (۷-۲)$$

۵.۱.۲ نسبت لغزش[۲]

نسبت لغزش در جریان های دوفازی بصورت زیر تعریف می شود[۳و٤]:

$$S = \frac{V_g - V_l}{V_l} \qquad (۸-۲)$$

۶.۱.۲ نسبت حجم[۳]

نسبت حجم مایع (α_l) و نسبت حجم گاز (α_g) بصورت زیر تعریف می شوند[۳و٤]:

$$\alpha_l = \frac{\forall_l}{\forall} \qquad (۹-۲)$$

$$\alpha_g = \frac{\forall_g}{\forall} \qquad (۱۰-۲)$$

که در آن $\forall$ حجم کل لوله یا کانال، $\forall_l$ حجم اشغال شده توسط فاز مایع و $\forall_g$ حجم اشغال شده توسط فاز گاز می باشند.

۷.۱.۲ سرعت متوسط

سرعت های متوسط[٤] دوفاز بصورت زیر می باشند[۳]:

---

[1] Slip velocity

[2] Slip ratio velocity

[3] Void fraction

[4] Slip ratio velocity

$$V_l = \frac{Q_l}{A_l} = \frac{V_{sl}}{\alpha_l} \qquad (۱۱-۲)$$

$$V_g = \frac{Q_g}{A_g} = \frac{V_{sg}}{\alpha_g} \qquad (۱۲-۲)$$

مقادیری که از روابط (۲-۱۱) و (۲-۱۲) بدست می آید، سرعتهای متوسط واقعی فازهای گاز و مایع بوده که از سرعتهای ظاهری بزرگتر می باشد.

همچنین باید متذکر شد که خصوصیات سیال (مانند دانسیته، ویسکوزیته و تنش سطحی) برای هر فاز و همچنین اندازه و شکل سیستم مانند قطر داخلی یا شیب کانال بر عملکرد سیستم تاثیر دارد[۳].

۲.۲ مدل های تحلیل جریان دوفازی

مدلهای استفاده شده برای تحلیل جریان دو فازی از بسط همان مدلهایی هستند که برای جریان تک‌فاز استفاده می‌شوند. معادلات جریان دو فازی همان معادلات بقاء جرم، ممنتوم و انرژی هستند که در حالت تک‌فازی نیرقابل استفاده‌اند. با تغییراتی در این معادلات می‌توان آنها برای جریان دوفازی نیز به کار برد. سه نوع مدل‌سازی کلی که اغلب در تحلیل جریان دو فازی به کار برده می‌شود به صورت زیر است [۵].

۱.۲.۲ مدل جریان همگن[1]

این ساده‌ترین مدل جریان دوفازی است. در این مدل‌سازی دو فاز با یک فاز با خواص میانگین از هر یک از دو فاز در نظر گرفته می‌شود. در این حالت تنها سه معادله بقای جرم،ممنتوم و انرژی وجود دارد.

[1] Homogeneous model