فهرست

عنوان **صفحه**

چکیده..... ۲

نمادنامه..... ۳

فصل اول

مقدمه..... ۷

۱-۱- نحوه تشکیل و تبخیر قطره..... ۹

۱-۲- شرحی از مدل یک قطره..... ۱۱

۱-۳- چرخش..... ۱۲

فصل دوم

۲-۱- معادلات حاکم و روابط تجربی..... ۱۷

۲-۲- روش حل عددی..... ۲۸

فصل سوم

نتایج عددی..... ۳۲

۳-۱- نتیجه گیری نهایی..... ۵۲

۳-۲- پیشنهادات..... ۵۲

مراجع..... ۵۳

چکیده انگلیسی..... ۵۶

چکیده :

مدل ریاضی نیمه تجربی برای پیش بینی بخش فیزیکی دوره ی تأخیر اشتعال در احتراق موتور های دیزلی پاشش مستقیم با چرخش، توسعه داده شده است، این مدل بر اساس یک مدل تبخیر قطره ای می باشد. معادلات حاکم یعنی معادلات حرکت قطره ، انتقال حرارت و جرم همزمان با روش عددی گام به گام رانگ-کوتا حل می شوند. محاسبات تا جایی ادامه می یابد که در لایه بخار اطراف قطره حالتی نزدیک به مخلوط استوکیومتریک از بخار سوخت و هوا با حداقل درجه حرارت خود اشتعال سوخت تشکیل شده باشد. پیش بینی زمان تأخیر فیزیکی احتراق در یک موتور دیزل پاشش مستقیم مطابقت خوبی با داده های استاندارد موتور و داده های موجود در ادبیات فن دارد. همچنین اعتبار مدل با تنوع محفظه احتراق و پارامتر های سیستم تزریق سوخت مورد بررسی قرار گرفت. ازمطالعه پارامتریک به نظر میرسد که دمای اولیه سوخت، فشار پاشش، میزان چرخش، نسبت تراکم و سرعت موتور تأثیر به سزائی روی مدت زمان تأخیر فیزیکی دارند.

واژه های کلیدی :

تاخیردر اشتعال – تبخیر قطره – مخلوط استوکیومتریک – فشار پاشش – محفظه احتراق – رانگ-کوتا

نمادنامه:

ضریب پسا	C_d
گرمای ویژه در فشار ثابت	C_p
پارامتر ثابت	C
ضریب پخش	D_v
نیروی پسا	F
رسانندگی گرمایی	K
پارامتر ثابت	K_p
گرمای نهان تبخیر	L
وزن ملکولی	M
جرم قطره	m_d
دور موتور(rpm)	N
عدد ناسلت برای انتقال جرم	Nu_m
عدد ناسلت برای انتقال گرما	Nu_T
فشار	P
فشار سیلندر	P_t
عدد پراند	P_r
آهنگ انتقال گرمای همرفتی به قطره	Q_d

آهنگ انتقال گرمای تابشی به قطره	Q_R
ثابت جهانی گازها	R
شعاع قطره	r_d
عدد رینولدز بر اساس قطر قطره	R_e
عدد اشمیت	SC
زمان	T
زمان سپری شده	t_b
زمان پاشش	t_i
دما	T
سرعت قطره	u_d
مسافتی که قطره طی می کند	x_d
ضریب تصحیح بی بعد برای در نظر گرفتن اثر انتقال جرم روی انتقال گرما	Z
لزجت	μ
چگالی	ρ
ضریب تصادم، بی بعد	Ω

زیرنویسها:

هوا	a
هوا در مقدار اولیه	a_0
قطره	d
سوخت	F
بخار سوخت در سطح مایع	fl
مایع	L
مقدار میانگین محیط و بخار سوخت	m

فصل اول

مقدمه

۱- مقدمه:

در موتور دیزلی، هوای رقیق شده به علاوه کسر کوچکی از گازهای باقیمانده تا یک نسبت حجمی متراکم می شود و در طول مرحله تراکم، دما بالا می رود. یک یا چند جت سوخت فشرده شده با فشار پاشش بسیار بالا در موقعیت نزدیک نقطه مرگ بالای پیستون، به داخل محفظه احتراق پاشیده می شود. چون درجه حرارت و فشار محتویات سیلندر در لحظه پاشش بسیار بالاست، جت سوخت به صورت هسته محاصره شده به وسیله یک افشانه ذرات سوخت _ هوا در می آید. مناطق در اثر اتمیزه شدن و تبخیر سوخت ایجاد می شوند. چون سرعت جت سوخت نسبت به هوا زیاد است، لذا حالت پراکندگی مشاهده می‌شود. بعد از پراکنش سوخت، قطرات ریزی تشکیل می شوند که بایستی با هوا مخلوط شوند، یعنی اختلاط پیش می آید. چون دمای هوا بیشتر از قطره است پس انتقال گرمایی از بیرون به داخل قطره وجود دارد، لذا دمای آن افزایش یافته و به دمای جوش می رسد. در این لحظه تبخیر قطره شروع شده و حالت نفوذ یعنی نفوذ مولکولهای سوخت در مولکولهای هوا پیش می آید، که در نتیجه احتراق شروع می شود. فرآیند احتراق در موتورهای دیزل از پدیده های مهم و پیچیده است و با کنترل آن می توان پارامترهائی مانند راندمان حرارتی، میزان انتشار گرما، سطح سر و صدا و آلاینده های خروجی از موتور دیزل را کنترل کرد.

فرآینداحتراق درموتورهای دیزل در چهارمرحله متمایز اتفاق می افتد:

الف) دوره ی تأخیر در احتراق **ب)** دوره ی پیش احتراق یا احتراق سریع **ج)** دوره ی احتراق متوسط همراه با انتشار گرما **د)** انتهای احتراق یا احتراق با سرعت بسیار آهسته

دوره تاخیر در احتراق:

فرآیند احتراق در موتورهای دیزل با دور بالا نزدیک **۵** میلی ثانیه طول می کشد با این حال فاز اولیه از این فرآیند که تأخیر احتراق می باشد در حدود یک میلی ثانیه طول می کشد. خصوصیات این دوره (تأخیر احتراق) نه تنها به کیفیت سوخت دیزل بلکه به ویژگی های احتراق و عملکرد ترمودینامیکی موتور دیزل نیز بستگی دارد. لذا شناخت کامل از فرآیندهائی که باعث تأخیر احتراق در احتراق موتورهای دیزل می شود بسیار مهم است. اولین مرحله ی احتراق در موتور دیزل مرحله ی تأخیر در احتراق می باشد که مراحل بعدی احتراق را نیز تحت تأثیر قرار می دهد.

دیده می شود که زمان تأخیر احتراق نقش مهمی در فرآیند احتراق در موتور های دیزل دارد. تحقیقات برخی از محققان اولیه بخوبی نشانگر این است که بخش غالب دوره ی تأخیر احتراق به تأخیر فیزیکی احتراق اختصاص دارد. دورۀ تأخیر فیزیکی بعنوان مدت زمان از آغاز پاشش تا شروع احتراق تعریف شده است که پژوهش حاضر غالب برمطالعه بخش فیزیکی تأخیر احتراق می باشد. از آنجا که احتراق سوختهای مایع در موتورهای دیزل به طور کلی در فاز بخار اتفاق می افتد نه در فاز مایع و با توجه به اینکه تبخیر سوخت مایع در مرحلۀ اولیه احتراق یعنی تأخیر در احتراق انجام می گیرد لذا تبخیر یکی از مهمترین مراحل احتراق سوخت محسوب شده و با بررسی آن می توان راه هائی برای بهبود کارائی موتورها ارائه داد. در موتورهای دیزلی سوخت با فشار به داخل سیلندر تزریق می شود و به صورت قطرات ریزی در می آید، این قطرات شروع به تبخیر می کنند و در مرحلۀ بعد محترق میشوند لذا مطالعۀ اسپری ها و قطرات و احتراق آنها نیز اهمیت می یابد. در احتراق موتور دیزل بسیاری از محققان [۱] در نظر گرفتن جت مایع را به عنوان قطرات ریز متمرکز اتفاق نظر دارند. چون هیچ رویداد متمایز و قابل مشاهده در پایان دورۀ تأخیر فیزیکی رخ نمی دهد و مستقیم قابل اندازه گیری نیست. بخش مهمی از تأخیر اشتعال که تأخیر فیزیکی می باشد نادیده گرفته شده است و تاکنون تأخیر شیمیائی بررسی شده است. [۲] تنها چند تن از محققان با مطالعه بر روی تک قطره در فرآیند اشتعال خودبخودی با روش های تجربی و نظری به پدیده تأخیر احتراق پرداخته اند که نتایج نزدیکی قابل قبولی با شرایط عملی موتور ندارند. قابل درک است که تأخیر احتراق دارای یک اثر مهم در فرآیند احتراق و از آن سو تأثیر زیادی در شرایط عمل موتور دارد. مقدار جرم سوخت سوخته شده در مراحل مختلف احتراق به طور عمده با طول دوره تأخیر احتراق تحت تأثیر است. هدف اصلی از کارحاضر پیش بینی فیزیکی دوره تأخیر احتراق در موتورهای دیزلی تزریق مستقیم است.

دوره پیش احتراق یا احتراق سریع:

در طول این مرحله سوختی که به داخل سیلندر پاشیده شده در طول مرحله اول، آماده شده و می خواهد بسوزد. اگر تاخیر در اشتعال زیاد باشد، جرمی که می سوزد زیاد بوده و آهنگ احتراق سریع نیز افزایش می یابد به عبارتی دیگر اگر (preparation rate) زیاد باشد آهنگ مرحله دوم سریع تر است لذا این نوع احتراق را احتراق پیش آمیخته نامند.

دوره ی احتراق متوسط همراه با انتشار گرما:

مرحله‌ای است که پاشش سوخت همچنان ادامه دارد و آن مقداری از سوخت که هنوز با هوا ترکیب نشده است نیز اکسیژن لازم را از محیط گرفته و همه سوخت در این قسمت با آهنگ متوسطی می سوزد، در این مرحله عامل کنترل کننده در دسترس بودن اکسیژن می باشد.

انتهای احتراق یا احتراق با سرعت بسیار آهسته:

در این مرحله دیگر پاشش سوخت پایان یافته است و آندسته از مولکولهای سوختی که هنوز اکسیژن مورد نیاز را دریافت نکرده اند، پس از یافتن اکسیژن به آرامی و به صورت کند شروع به سوختن می کنند که همان ادامه قسمت قبل می باشد.

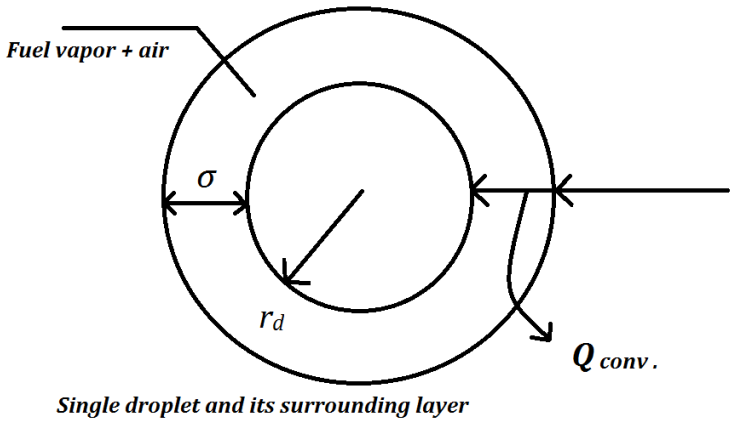
۱-۱- نحوۀ تشکیل و تبخیر قطره :

زمانیکه سوخت به داخل محفظه احتراق موتور دیزل پاشیده می شود به حالت اسپری که حاوی قطرات خیلی کوچک با اندازه های مختلف می باشد در می آید. عمل اسپری شدن خوب سوخت مایع برای بهره برداری مناسب از موتورهای دیزلی تزریق مستقیم با سرعت بالا بسیار مهم است زیرا زمان در دسترس برای احتراق محدود است. هدف از اسپری کردن سوخت، تقسیم آن به قطرات ریز بیشتر که تا حد زیادی سطح کل سوخت را افزایش داده تا پس از تبخیر به مرحلۀ احتراق برسد، درست پس از پاشش سوخت زمانیکه قطرات دمای پائینی دارند و در حال حرکت با یک سرعت نسبی بالا هستند، مخلوطی از هوا و بخار سوخت در اطراف آنها تشکیل می شود. قطره های تشکیل شده به سرعت مشتعل نمی شوند زیرا نسبت سطح/حجم کمتری برای قطرات می باشد، تبخیر در طول دوره جت شدن مورد غفلت قرار می گیرد. دورۀ تشکیل جت به عنوان اولین دورۀ تأخیر احتراق در نظر گرفته شده است. [۳]بخش فیزیکی تأخیر احتراق به عنوان مدت زمان از آغاز پاشش سوخت تا شروع تشکیل بخار احتراق مخلوط سوخت و هوا (در نزدیکی نسبت هوا به سوخت استوکیومتری و با دمای خود اشتعالی) در اطراف قطره تعریف شده است.

در بخش فیزیکی دورهٔ تأخیر احتراق مجموعه ای از پدیده های فیزیکی رخ می دهد ، که شامل موارد زیر است :

الف) پاشش سوخت مایع، ب) تجزیه جت سوخت مایع به حالت اسپری، پ) تبدیل افشانه سوخت به قطرات ریز، ت) انتقال گرما ، جرم و اندازه حرکت بین قطره و هوای اطراف، ث) تبخیر ، نفوذ و اختلاط با هوا
ج) تشکیل احتراق مخلوط بخار سوخت و هوا در داخل لایه نازک در اطراف قطره، ح) پایان تأخیر فیزیکی احتراق

در طول دورهٔ فروپاشی (تبدیل جت به اسپری و سپس قطرات) انتقال گرما به جت و اسپری سوخت قابل توجه نیست و از این رو تبخیر آنها نادیده گرفته می شود. پس از فروپاشی، قطره های تشکیل شده شروع به تبخیر و یک لایه نازک از بخار سوخت مخلوط با هوا در اطراف آنها ساخته می شود.(شکل ۱)



شکل ۱: تشکیل قطره و لایه اطراف آن

دمای احتراق به عنوان دمای محلی در لایه اختلاط که در آن احتراق روی می دهد تعریف می شود و این از ویژگی های سوخت است، در پاشش سوخت این شرایط معمولا" در لبه اسپری که بین قطرات تعامل کمی وجود دارد اتفاق می افتد. قطره در حین حرکت از هوای گرم اطراف حرارت را به صورت همرفتی و تابش دریافت کرده و پس از رسیدن به نقطه جوش شروع به تبخیر می کند، بنابراین یک لایه نازک از بخار سوخت در اطراف قطره مایع است. در این لایه فرآیند نفوذ مولکولهای اکسیژن به درون لایه انجام و فرآیند اختلاط اتفاق می افتد. فرآیند انتشار با توجه به شیب غلظت بین سطح بیرونی لایه و سطح داخلی آن اتفاق می افتد.

برخی از محققان بر این نظرند[۴] که فرآیند احتراق پس از تشکیل قطرات روی می دهد ولی این موضوع با قاطعیت ثابت نشده است زیرا نقطه ای که در آن احتراق صورت می گیرد کاملا" مشهود نیست. می توان فرض کرد که احتراق در لایه های مخلوط (بخار سوخت و هوا) در اطراف قطره اتفاق می افتد، پس از گذشت یک زمان خاص یک مخلوط استوکیومتری در جائی در داخل فیلم نازک در اطراف قطره با حداقل درجه حرارت احتراق که دمای متوسط فیلم تمایل به رسیدن به آن را دارد تشکیل می شود. در شرایط واقعی موتور CI این دما تا مقدار زیادی افزایش می یابد. تأخیر فیزیکی تا موقعی که شرایط فوق تحقق یابد ادامه خواهد داشت. واکنش های شیمیایی از این مرحله شروع شده تا اینکه فشار داخل سیلندر به طور ناگهانی افزایش یافته و اولین شعله مشاهده گردد این دوره موسوم به دورهٔ تأخیر شیمیائی می باشد، در این تحقیق فقط به دوره فیزیکی تأخیر در احتراق پرداخته می شود.

برای ساده سازی محاسبات فرضیات زیر در نظر گرفته شده است :

الف) واکنش بین قطره ها نادیده گرفته می شوند، این تا نقطه ای از اسپری که در آن احتراق شروع می شود قابل قبول است.

ب) تا پایان دورهٔ تأخیر فیزیکی تقارن کروی برای قطره و لایه نازک بخار سوخت و هوا اطراف آن برقرار می باشد.

پ) گرادیان دما و چگالی داخل قطره وجود ندارد.

ت) فرض بر این است که انتقال گرمای رسانش در قطره خیلی بالا است(دما در داخل قطره یکنواخت است).

ث) توزیع دما در سراسر محفظه احتراق تا زمان رسیدن به اولین احتراق و منطقه ای که در آن مخلوط قابل احتراق تشکیل شده است رخ می دهد.

۱-۲- شرحی از مدل یک قطره :

فرآیند اختلاط در این لایه مرزی صورت می گیرد، بخار سوخت منتشر شده در این لایه مرزی برابر است با جرم سوخت تبخیر شده، در لایه های درونی لایه نازک، مخلوط غلظت بخار سوخت بالاست، اما در لایه های دور از سطح قطره مایع، غلظت مخلوط کم است. بنابراین در لایه بیرونی این فیلم نازک در مجاورت هوای گرم مقدار سوخت تبخیر شده صفر است. درجه حرارت در سطح قطره مایع با داخل قطره یکنواخت است اما اثر سرعت

چرخش هوا در نظر گرفته شده است. مکانیزم غالب انتقال حرارت از درون سیلندر به قطره هدایت و تابش می باشد. سرعت قطره درهر نقطه از مسیر، برآیند سرعت چرخش اولیه و سرعت هوا خواهد بود.

بعد از تأخیر فیزیکی، تأخیر شیمیائی می باشد که شامل فرآیندهای زیر است :

الف) تجزیه هیدروکربن های سنگین به اجزاء کوچک ب) احتراق قبل از شروع واکنش های شیمیائی بین جزء تجزیه شده و هوا

باید توجه داشت که تأخیر احتراق کل شامل **۲** بخش اصلی یعنی فیزیکی و شیمیایی است.

قطرات در سراسر پیرامون اسپری سوخت تشکیل می شود، آشکار است که قطره مایع و فیلم اطراف آن توسط مقدار زیادی هوای گرم احاطه شده است. در مقیاس میکروسکوپی می توانیم فرض کنیم که گرما از طریق فیلم اطراف قطره توسط هدایت منتقل شده است. انتقال گرما به سطح خارجی لایه مرزی از سمت هوای گرم غالبا" همرفتی و تابش است. معادلهٔ دیفرانسیل درجه حرارت قطره به عنوان یک تابع از زمان است که از [۵] اتخاذ گردیده و در اینجا با توجه به انتقال گرمای تابش اصلاح گردیده است.

تأخیر احتراق کلی تقریبا" از ۳ حالت زیر تشکیل یافته است:

الف) دوره تشکیل جت مایع، ب) تأخیر فیزیکی احتراق، پ) تأخیر شیمیایی احتراق

برای بررسی تغییرات زمانی نسبت سوخت/هوا در داخل فیلم لازم است که سرگذشت زمانی قطره سرعت، دما و آهنگ تبخیر جرمی قطره محاسبه شود.

۱-۳- چرخش :

معمولا" دوران منظم و سازمان دهی شده در اطراف محور سیلندر را **چرخش**گویند. چرخش هوا اهمیت قابل توجهی در موتور های دیزلی تزریق مستقیم با سرعت بالا دارد. چرخش در انواع بسیاری از محفظهٔ احتراق برای کنترل فرآیند احتراق و ساختار شعله به کار می رود، همچنین به منظور افزایش شدت احتراق و تثبیت کننده شعله نیز استفاده می شود. مخلوط بخار سوخت و هوا در محفظه احتراق موتور دیزل عمدتا" از طریق تغییر حرکت از قطرات سوخت با هوای سیلندر به دست می آید. چرخش هوا باعث افزایش اختلاط و در نتیجه سرعت

بالای انتشار و همچنین چرخش هوا قبل از فرآیند احتراق، تولید گازهای گلخانه ای اگزوز موتور را تحت تأثیر قرار می دهد.

ریس و همکاران[۶] در سال ۲۰۱۲ روشی برای تعیین تاخیر احتراق سوخت دیزل دریک بمب حجم ثابت ارائه دادندو زمان تاخیراحتراق رابه عنوان تابعی ازفشار و دما بررسی کردند ونتیجه گرفتند، دوره تاخیراحتراق بستگی زیادی به دما و فشارسوخت داشته وبا افزایش فشارپاشش ودمای سوخت دوره تاخیراحتراق کاهش می یابد.

محمدال وهمکاران[۷] در سال ۲۰۱۳ با روش آزمایشگاهی به بررسی دوره تاخیر احتراق در موتور دیزل برای مخلوطی از سوخت دیزل و بیودیزل پرداختند و نتیجه گرفتند که با افزایش فشار پاشش، دمای سیلندر و دور موتور دوره تاخیر احتراق کاهش می یابد.

آنتونی مارچس و همکاران[۸] در سال ۲۰۱۱ به بررسی تاخیر احتراق سوخت متیل استر با روش عددی و آزمایشگاهی پرداختند و نتیجه گرفتند که نتایج مدل عددی موافقت خوبی با روش آزمایشگاهی داشته و نتایج نشان می دهد سوخت متیل استر از نقطه نظر دوره تاخیر احتراق بهتر از سوخت های دیزل بوده و می تواند جایگزین مناسبی برای سوخت های دیزل باشد.

هایلت و همکاران [۹]در سال ۲۰۰۹ به بررسی پدیده تبخیر قطره های سوخت در داخل موتور دیزل و تاثیر ان روی تاخیر احتراق با روش های آزمایشگاهی و تجربی پرداختند و نتیجه گرفتند که با افزایش دمای سیلندر زمان تبخیر قطره سوخت کاهش یافته و به تبع آن دوره تاخیر احتراق هم کاهش می یابد.

لاتا و همکاران[۱۰] در سال ۲۰۱۱ با روش آزمایشگاهی به بررسی پدیده احتراق در یک موتور ۴ سیلندر دوگانه سوز پرداختند و اثر فشار و دما را روی زمان تاخیر احتراق بررسی کردند و نتیجه گرفتند که تاخیر احتراق در موتور دیزل بستگی شدیدی به نوع سوخت، فشار و دمای سوخت دارد.

هیالی و همکاران [۱۱] در سال ۲۰۱۰ با روش آزمایشگاهی با استفاده از دستگاه فشرده ساز و روش عددی به کمک مدل جنبش شیمیایی به بررسی تاخیر احتراق سوخت n- بوتان پرداختند و به این نتیجه رسیدند که نتایج به دست آمده از ۲ روش موافقت خوبی با هم دارند و زمان تاخیر احتراق در ۲ روش بستگی زیادی به دما و فشار سوخت داشته و با افزایش دما و فشار پاشش سوخت زمان تاخیر احتراق کاهش می یابد.

واسو و همکاران [۱۲] در سال ۲۰۰۹ با روش آزمایشگاهی به بررسی زمان تاخیر احتراق در موتور دیزل پرداختند و به طور ویژه به تاثیر دما و فشار سوخت بر روی زمان تاخیر احتراق متمرکز شدند و نتیجه گرفتند

که دما و فشار سوخت تاثیر زیادی روی زمان تاخیر احتراق دارند و با افزایش دما و فشار سوخت زمان تاخیر احتراق کاهش می یابد.

کولشو و همکاران [۱۳] در سال ۲۰۱۰ با روش عددی توسط نرم افزار RK-Diesel به تحلیل فرایند احتراق در موتور دیزل پرداختند و نحوه پاشش سوخت به موتور را تحلیل و اثرآن روی احتراق ازجمله تاخیردراحتراق را بررسی کردند ونتیجه گرفتندزمان تاخیر در احتراق به شدت به نحوه پاشش سوخت و فشار پاشش بستگی دارد.

دیوید روچامر و همکاران [۱۴] در سال ۲۰۱۳ با روش آزمایشگاهی به بررسی تاخیر احتراق سوخت جت و سوخت دیزل در یک موتور دیزلی سنگین پرداختند و نتیجه گرفتند، فشار پاشش، دمای سوخت و عدد ستان سوخت تاثیر زیادی درزمان تاخیر احتراق داشته و با افزایش هر کدام ار آنها زمان تاخیر احتراق کاهش می یابد.

بلاچ و همکاران [۱۵] در سال ۲۰۰۷ با روش آزمایشگاهی به تحلیل احتراق سوخت استون و تاثیر دما و فشار پاشش سوخت روی فرایند احتراق از جمله زمان تاخیر احتراق پرداختند و نتیجه گرفتند که با افزایش دما و فشار پاشش سوخت زمان تاخیر احتراق کاهش می یابد.

دونوان و همکاران [۱۶] در سال ۲۰۰۵ با روش آزمایشگاهی به تحلیل فرایند احتراق سوخت ایزواکتان پرداختند و نقش دما و فشار سوخت را بر روی زمان تاخیر احتراق بررسی کردند، همچنین نتایج را با یک رابطه تجربی نیز مقایسه کردند و نتیجه گرفتند که فشار و دما تاثیر زیادی روی تاخیر احتراق دارند ولی تاثیر فشار بیشتر از دما است و نتایج به دست آمده از روش آزمایشگاهی همخوانی خوبی با نتایج رابطه تجربی دارند.

الخولیفی و همکاران [۱۷] در سال ۲۰۱۱ با روش آزمایشگاهی به بررسی تاخیر احتراق سوخت دیزل در موتور دیزلی پاشش مستقیم پرداختند و تاثیر دور موتور و فشار پاشش سوخت را بر روی زمان تاخیر احتراق مطالعه کردند و نتیجه گرفتند که با افزایش دور موتور و فشار پاشش سوخت زمان تاخیر احتراق کاهش می یابد.

شیو و همکاران[۱۸] در سال ۲۰۰۲ به بررسی زمان تاخیر احتراق سوخت دیزل به روش عددی با برنامه نویسی در فورترن با استفاده از روش رانگ-کوتای مرتبه چهار پرداختند و نتیجه گرفتند که با افزایش پارامترهایی مانند جریان سوخت، دمای سوخت و نسبت تراکم سوخت، تاخیر احتراق کاهش می یابد.

چنگ لونگ تانگ و همکاران [۱۹] در سال ۲۰۱۳ با روش آزمایشگاهی به بررسی زمان تاخیر احتراق مخلوطی از سوختهای پروپان، هیدروژن، اکسیژن و آرگون پرداختند و نتیجه گرفتند که با افزایش دما و فشار سوخت زمان تاخیر احتراق کاهش می یابد.

ایکس اینگ جیا من و همکاران[۲۰] در سال ۲۰۱۳ با روش عددی و آزمایشگاهی به بررسی زمان تاخیر احتراق سوختهای پروپان و هیدروژن پرداختند و نتیجه گرفتند که با افزایش دمای سوخت و فشار پاشش سوخت، زمان تاخیر احتراق کاهش می یابد.

گریفیتس و همکاران[۲۱] در سال ۱۹۹۷ با روش آزمایشگاهی به بررسی زمان تاخیر احتراق سوخت دیزل پرداختند و نتیجه گرفتند که با افزایش دمای سوخت، زمان تاخیر احتراق کاهش می یابد.

شهاب الدین و همکاران[۲۲] در سال ۲۰۱۳ با روش آزمایشگاهی به بررسی زمان تاخیر احتراق در موتور دیزل پرداختند و نتیجه گرفتند که با افزایش فشار پاشش، زمان تاخیر احتراق کاهش می یابد.

اریس پترسن و همکاران[۲۳] در سال ۲۰۱۳ با روش آزمایشگاهی به بررسی زمان تاخیر احتراق در موتور دیزل پرداختند و نتیجه گرفتند که با افزایش دمای سوخت، فشار پاشش، زمان تاخیر احتراق کاهش می یابد.

سو وانگ و همکاران[۲۴] در سال ۲۰۰۷ با روش آزمایشگاهی به بررسی زمان تاخیر احتراق در موتور دیزل پرداختند و نتیجه گرفتند که با افزایش دمای سوخت، فشار پاشش، زمان تاخیر احتراق کاهش می یابد.

ناراسیمان و همکاران[۲۵] در سال ۲۰۱۲ با روش آزمایشگاهی به بررسی زمان تاخیر احتراق در موتور دیزل پرداختند و نتیجه گرفتند که با افزایش دمای سوخت، فشار پاشش، زمان تاخیر احتراق کاهش می یابد.

لایورنکاس و همکاران [۲۶] در سال ۲۰۱۰ با روش آزمایشگاهی به بررسی زمان تاخیر احتراق در موتور دیزل پرداختند و نتیجه گرفتند که با افزایش دمای سوخت، دمای محیط، زمان تاخیر احتراق کاهش و با افرایش شعاع اولیه قطره زمان تاخیر احتراق افزایش می یابد.

در این پژوهش، از یک مدل ریاضی برای محاسبه سرعت چرخش هوا که در مدل تأخیر احتراق استفاده می شود بهره گرفته شده است. ماهیت چرخش هوا در موتورها خیلی پیچیده است و برای تجزیه و تحلیل آن با استفاده از روش های عددی مانند المان محدود نیاز به صرف زمان بیشتری می باشد. همچنین تعامل بین قطرات سوخت و حرکت هوا در داخل محفظه احتراق پیچیده است. زیرا توابع مرتبط هر دو جریان را نمی توان با روش های تحلیلی شرح داد.

فصل دوم

مواد و روشها

۲-۱- معادلات حاکم و روابط تجربی:

معادلات بورمن و جانسون[۲۷] در اینجا برای تعیین آهنگ انتقال جرم از سطح قطره با یک معادله نیمه تجربی به کار می روند. فرم معادله ناشی از در نظر گرفتن نرخ نفوذ جرم مولکولی در یک لایه از بخار سوخت در سطح خارجی قطره می باشد. معادلۀ جرم بطور تجربی برای تأثیر جریان همرفتی ناشی از حرکت قطره نسبت به هوا اصلاح شده است. ضرایب این معادله تابعی از خواص سوخت، فشار بخار سوخت، دمای مایع، سرعت نسبی قطره و دما و فشار محیط می باشد. قطره سوخت در طی مراحل اولیه از عمر خود از هوای گرم سیلندر گرما دریافت کرده و دمای آن افزایش می یابد و سپس تبخیر در یک زمان بسیار کوتاهی انجام می گیرد. در طول این دوره گرمای منتقل شده به قطره باعث می شود که قطره به دمای سوپرهیت برسد. پس از اختلاط با توجه به سرعت نسبی قطره به هوا چرخش رخ می دهد. اگر سرعت نسبی قطره را فوق العاده افزایش دهیم، قطره زمان کافی برای اختلاط با هوا را نداشته و لذا مخلوطی از سوخت و هوا در لایه نازک بوجود نخواهد آمد. افزایش فشار تزریق باعث کاهش قطر متوسط قطره و افزایش سرعت اولیه قطره می شود. کاهش قطر قطره ها در شروع تزریق باعث می شود که دورۀ تبخیر کوتاه تر و در نتیجه زمان تأخیر فیزیکی کوتاه تر شود. از سوی دیگر بالا بودن سرعت مطلق قطره باعث ایجاد نیروهای پسای بزرگتر و از این رو کوچک بودن فاصله مسافتی طی شده در محفظه احتراق می شود. در این روش مقدار کمی از بخارسوخت و مخلوط تشکیل خواهد شد که دورۀ تأخیر فیزیکی را طولانی تر می کند. به خوبی مشخص است که فشار تزریق نمی تواند در طول دوره تأخیر احتراق ثابت باقی بماند. همچنین آهنگ جریان سوخت از الگوی مشابهی دنبال می کند در نتیجه فروپاشی اسپری سوخت با تغییرات فشار و نرخ جریان سوخت همراه است. در شروع تزریق فشار تزریق از صفر افزایش یافته و به بیشترین مقدار نوسان خود رسیده و دوباره کاهش یافته و به صفر می رسد. دورۀ تأخیر فیزیکی احتراق تداخل نزدیکی با منطقه نوسان فشار تزریق دارد. بنابراین طیف گسترده ای از اندازه های قطره داریم، قطره هایی که به سرعت شروع به جذب گرما نموده بخار و در اطراف جت مایع پراکنده می شوند و در نهایت در اطراف و حاشیه جت مایع که در آن شرایط برای احتراق مناسب میباشد احتراق رخ می دهد. قبل از تشکیل مخلوط استوکیومتریک در لایه اطراف قطره باید درجه حرارت بالاتری بدست بیاید، و این نیاز به زمان بیشتری دارد که طول دوره تأخیر فیزیکی را طولانی تر می کند. در این پژوهش سرعت اولیه سوخت و قطر متوسط قطرات در تأخیر فیزیکی مورد بحث قرار نمی گیرند زیرا هر دو آنها در فشار تزریق بوجود می آیند.

در موتور های دیزل، تأخیر فیزیکی یک عامل کلیدی موثر در احتراق است.[۵]

تأخیرفیزیکی وابسته به تعدادی از پارامترهائی که مهم ترین آنها به شرح ذیل است میباشد:

فشار تزریق، دمای اولیه قطره، آهنگ چرخش، سرعت موتور، مشخصات سوخت، نسبت تراکم

پارامترهای اضافی ممکن است در نظر گرفته شود اما به نظر می رسد که تأثیر چندانی بر تأخیر فیزیکی نداشته باشند. از پارامترهای موثر در محاسبهٔ طول دورهٔ تأخیر فیزیکی احتراق مشخصات سوخت می باشد که در این پژوهش سوخت با فرمول $C_{16}H_{30}$ انتخاب شده است.

معادله حرکت قطره برگرفته از بورمن و جانسون[۲۷] که برای حرکت یک قطره در مسیر اصلاح شده است به شکل زیر می باشد.

$$\frac{d^2_{xd}}{dt^2} = -F\frac{dx_d}{d_t} \quad (۱)$$

همچنین سرعت قطره از رابطه زیر به دست می آید:

$$U_d = \frac{dx_d}{d_t} \quad (۲)$$

معادله انتقال جرم: [۲۷]

$$\frac{dm_{ev}}{dt} = \frac{-2\pi\,.\,D_v\,.P_{fL}\,.\,N_{um}\,.a\,.M_{wf}}{R\,.\,T_m}\,r_d$$

معادله انتقال گرمای اصلاح شده برای در نظر گرفتن انتقال گرما تابش به شکل زیر است.[۲۷]

(۴)

$$\frac{dT_L}{d_t} = \frac{1}{m_d\,.C_{pL}}\left[2\pi r_d\,.\,N_{ut}\,.Z_T\,.K_m(T_a - T_L) + \sigma.\varepsilon\,.F_A\,.(T_a^4 - T_L^4) + L\,.\frac{dm_{ev}}{dt}\right]$$

که در آن:

$$F = (1.5708)\rho_a.r_d^2\,.C_d\,.U_d/m_{ev} \quad (۵)$$

$$Z = \frac{e^z}{e^z - 1} \quad (۶)$$

$$Z = \frac{D_v \cdot M_{wf} \cdot C_{PF} \cdot P_{fL} \cdot a \cdot N_{um}}{k_m \cdot T_m \cdot R \cdot N_{ut}} \quad (۷)$$

$$\alpha = \frac{P_T}{P_{fL}} L_n\left(\frac{P_T}{P_T - P_{fL}}\right) \quad (۸)$$

$$Num = 2 + 0.6\, R_e^{\frac{1}{2}} \cdot S_c^{1/3} \quad (۹)$$

$$Nut = 2 + 0.6\, R_e^{\frac{1}{2}} \cdot P_r^{1/3} \quad (۱۰)$$

$$R_e = 2 \cdot r_d \cdot U_d \cdot \rho_m / \mu_m \quad (۱۱)$$

$$P_r = \mu_m \cdot C_{pm} / k_m \quad (۱۲)$$

$$S_c = \mu_m / (\rho_m \cdot D_v) \quad (۱۳)$$

$$m_d = \frac{4}{3} \pi r_d^3 \cdot \rho_L \quad (۱۴)$$

مشخصات مخلوط(هوا و بخار سوخت) با استفاده از روابط بورمن و جانسون به شکل زیر محاسبه می شوند.

$$T_m = (T_a + T_L)/2 \quad (۱۵)$$

$$\rho_m = P_T \cdot \bar{M} / (R \cdot T_m) \quad (۱۶)$$

$$\bar{M} = \left(1 - \frac{P_{fL}}{2P_T}\right) M_{Wa} + \left(\frac{P_{fL}}{2P_T}\right) M_{Wf} \quad (۱۷)$$

$$\mu_m = \left(1 - \frac{P_{fL}}{2P_T}\right) \mu_a + \left(\frac{P_{fL}}{2P_T}\right) \mu_f \quad (۱۸)$$

$$K_m = \left(1 - \frac{P_{fL}}{2P_T}\right) K_a + \left(\frac{P_{fL}}{2P_T}\right) K_f \quad (۱۹)$$

$$C_{Pm} = \left(1 - \frac{P_{fL}}{2P_T}\right) C_{Pa} + \left(\frac{P_{fL}}{2P_T}\right) C_{Pf} \quad (۲۰)$$

دما، فشار و چگالی هوا از روابط زیر به دست می آیند.

$$T_a = T_{ao} \left(\rho_a / \rho_{ao}\right)^{0,28} \quad (۲۱)$$

$$P_T = P_{To} \left(\rho_a / \rho_{ao}\right)^{1,28} \quad (۲۲)$$

$$\rho_a = P_T \,.\, M_{Wa} / (R \,.\, T_a) \quad (۲۳)$$

که در آن :

$$\frac{\rho_a}{\rho_{ao}} = 1 + 0.16663\, t_b^1 + 0.057188\, t_b^2 - 0.0051876\, t_b^3 \quad (۲۴)$$

t_b از رابطه زیر به دست می آید.

$$t_b = (t + t_i) \,.\, RPM / 0.9 \quad (۲۵)$$

که در آن

$t_i =$ زمان پاشش

$t =$ زمان

مشخصات هوا :

گرمای ویژه هوا در فشار ثابت از رابطه زیر محاسبه می شود:

(۲۶)

$$C_{Pa} = (4.1868)(0.2122 + 0.689 \times 10^{-4}\, T_m - 0.8488 \times 10^{-8}\, T_m^2$$