



ISSN:2538-3809

فصلنامه علمی پتروشهرهای نوین مقدمهندسی

سال پنجم، شماره ۲ (پیاپی ۳۱)، پاییز ۱۳۹۹

خودروهای الکتریکی و هیبریدی؛ مزایا و معایب
اکتای شفیع فستندیس

شبیه سازی واحد بازیابی آمونیاک پتروشیمی لردگان با هدف بهینه سازی
تجهیزات فرآیندی
رضا منصوری، نادر مختاریان

شناسایی و رتبه بندی عوامل موثر بر کاهش خطرات پسماندهای عفونی و
آزمایشگاههای از نظر مدیریتی و ایمنی در بیمارستان شهید رجایی
گچساران
سلمان کامران، سعید دلاوری

الگوریتم هش MD-Caspian؛ بهینه شده MD5
تورج استواری

بررسی دز پرتوهای یونیزان در راکتور آب جوشان و تاثیر آنها بر سلامت
علی اشرف باقری، کوثر زاهدی لاله دشتی

مقاوم سازی دیوار برشی فولادی
ناصر میقانی

بررسی پایداری و دوام مکانیزمهای خود ترمیمی بررسی پیشرفت های
اخیر در بتن و آسفالت خود ترمیم شونده
مسعود عامری

نشریه

تهران، افسریه، ۱۵ متری چهارم، کوچه ۳۸، پلاک ۲۸، واحد ۲۴۸۷ / ۰۲۶۴۴۴۵۳۱۳۱ / ۰۲۶۴۴۴۵۳۱۳۱
نشانی: کرج، آزادگان، ابتدای بلوار مطهری، کوچه شهید سنجابی، پلاک ۲۸، واحد ۴ کدپستی: ۳۱۳۳۹۵۲۵۹۵
www.NRES.ir @Shij.journals@gmail.com

چاپ

تهران، افسریه، ۱۵ متری اول، کوچه ۲۸، پلاک ۳۹۳
نشانی: تهران، افسریه، ۱۵ متری اول، کوچه ۲۸، پلاک ۳۹۳
انتشارات هنر و علوم دانشگاهی، تلفن: ۰۲۱ ۳۳۸۴۰۷۹۲

صاحب امتیاز و مدیر مسئول: امیر حسین یوسفی
زیر نظر شورای سردبیری
مدیر اجرایی: منیژه ملائی

اعضای شورای علمی و داوری تحریریه: (به ترتیب حروف الفبا)

- دکتر محمدعلی ارجمند، عضو هیئت علمی دانشگاه تربیت‌دبیر شهید رجایی
- دکتر شهرزاد اسدی، عضو هیئت علمی دانشگاه شهید بهشتی
- دکتر رضا افضل، عضو هیئت علمی دانشگاه خواجه نصرالدین طوسی
- دکتر علی جباری، عضو هیئت علمی دانشگاه اراک
- دکتر نعمت حسینی، عضو هیئت علمی دانشگاه شهید بهشتی
- دکتر راحله خادمیان، عضو هیئت علمی دانشگاه بین‌المللی امام خمینی
- دکتر چنگیز دهقانپایان، عضو هیئت علمی دانشگاه تهران
- دکتر علی رحمانی هنزکی، عضو هیئت علمی دانشگاه تربیت‌دبیر شهید رجایی
- دکتر قدرت الله رودینی، عضو هیئت علمی دانشگاه سیستان و بلوچستان
- دکتر محبعلی رهدار، عضو هیئت علمی دانشگاه سیستان و بلوچستان
- دکتر مرتضی زیودار، عضو هیئت علمی دانشگاه سیستان و بلوچستان
- دکتر علی فروغی، عضو هیئت علمی دانشگاه تبریز
- دکتر محمدحسین کاظمی، عضو هیئت علمی دانشگاه شاهد
- دکتر علی لکی روحانی، عضو هیئت علمی دانشگاه زنجان
- دکتر سیدحمید هاشمی، عضو هیئت علمی دانشگاه اراک
- دکتر هجیر کریمی، عضو هیئت علمی دانشگاه یاسوج

فراخوان پذیرش مقاله:

نشریه «پژوهش‌های نوین علوم مهندسی» توسط موسسه مطبوعاتی مطالعات کاربردی شبک و با همکاری علمی اساتید برجسته دانشگاه‌های کشور به انتشار مقالات علمی در حوزه‌های مختلف علوم مهندسی می‌پردازد. از این‌رو از تمام اساتید، صاحب‌نظران، کارشناسان، دانشجویان و پژوهشگران دعوت می‌شود با ارسال مقالات علمی خود از طریق وبسایت نشریه به نشانی www.Nres.ir در پربارتر کردن این نشریه، ما را یاری نمایند. برای ارسال مقاله کافی است تا در وبسایت ثبت‌نام نموده و با ورود به پندل کاربری، مقاله خود را ثبت کنید.

محورها و موضوعات پذیرش مقاله:

- | | |
|--------------------------|------------------------------------|
| - مهندسی صنایع | - مهندسی برق و الکترونیک |
| - مهندسی عمران | - مهندسی انرژی و فیزیک |
| - مهندسی مکانیک | - مهندسی شیمی، نفت و پلیمر |
| - مهندسی معدن | - مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات |
| - مهندسی هوا فضا | - مبانی علوم مهندسی |
| - مهندسی مواد و متالورژی | - مدیریت دانش در علوم مهندسی |

فهرست مقالات

صفحه	عنوان مقاله
۱	خودروهای الکتریکی و هیبریدی؛ مزایا و معایب اکتای شفیع فسقندیس
۹	شبیه سازی واحد بازیابی آمونیاک پتروشیمی لردگان با هدف بهینه سازی تجهیزات فرآیندی رضا منصوری، نادر مختاریان
۱۹	شناسایی و رتبه بندی عوامل موثر بر کاهش خطرات پسماندهای عفونی و آزمایشگاهی از نظر مدیریتی و ایمنی در بیمارستان شهید رجایی گچساران سلمان کامران، سعید دلاوری
۳۳	الگوریتم هش MD-Caspian؛ بهینه شده MD5 تورج استواری
۳۹	بررسی دز پرتوهای یونیزان در راکتور آب جوشان و تاثیر آن ها بر سلامت علی اشرف باقری، کوثر زاهدی لاله دشتی
۴۷	مقاوم سازی دیوار برشی فولادی ناصر میقانی
۵۷	بررسی پایداری و دوام مکانیزم های خود ترمیمی بررسی پیشرفت های اخیر در بتن و آسفالت خود ترمیم شونده مسعود عامری

خودروهای الکتریکی و هیبریدی: مزایا و معایب

تاریخ دریافت: ۹۸/۱۱/۲۶

تاریخ پذیرش: ۹۸/۱۲/۲۷

کد مقاله: ۷۲۵۴۹

اکتای شفيعی فسقندیس^۱

چکیده

خودرو هیبریدی نوعی از خودروی است که برای حرکت کردن از ترکیب دو یا چند منبع مجزای قدرت استفاده می‌کند. در بیشتر موارد از این نام در اشاره به خودرو برقی دوگانه استفاده می‌شود که در سیستم پيشرانه آن‌ها یک موتور احتراق داخلی در کنار یک یا چند موتور الکتریکی قرار دارد و خودرو این قابلیت را دارد که فقط از یکی از این منابع انرژی یا هر دو آن‌ها در کنار یکدیگر استفاده کند.

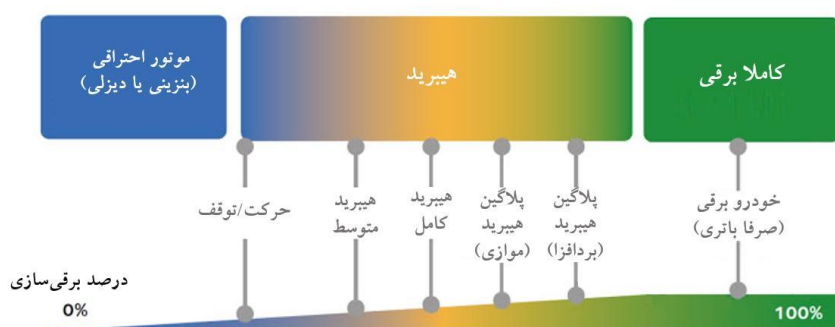
واژگان کلیدی: خودروهای الکتریکی، خودروهای هیبریدی، موتور احتراق، پلاگین

۱- دانشجوی دکتری مهندسی برق قدرت، مدرس دانشگاه آزاد اسلامی واحد بستان آباد

۱- مقدمه

دنیا آلوده و آلوده‌تر می‌شود و آلاینده‌های ناشی از حمل و نقل درون شهری و جاده‌ای، گروه‌های زیادی از سیاست‌مداران، تولیدکنندگان و مصرف‌کنندگان را از مدت‌ها پیش به تکاپو انداخته تا راهکاری ببینند و برای مقابله با پدیده گرمایش زمین راه حل ارائه دهند. کشورهای جهان این روزها استفاده از خودروهای الکتریکی و هیبریدی به جای انواع احتراقی را راه حلی آسان، سریع و قابل دسترس برای رسیدن به این هدف می‌دانند. راه حلی که متخصصین آن را ارائه کرده و خودروسازان جهان در حال اجرائی کردن آن هستند. اما این سوال مطرح است که آیا استفاده از خودروهای الکتریکی یا هیبریدی راه حلی فراگیر و عملیاتی در تمام جهان محسوب می‌شود یا باید برای استفاده از این امکانات، راه حل‌های منطقه‌ای و جغرافیایی ارائه داد. آیا منابع انرژی مورد استفاده برای این خودروها نیز می‌توانند فاکتور تاثیرگذاری در انتخاب خودروها در نقاط مختلف جهان باشند یا تامین انرژی به خودی خود می‌تواند هزینه‌بر یا آلاینده‌تر از آب درآید.

مطالعه بازار فروش خودروها با فن‌آوری‌های الکتریکی نشان می‌دهد، روند استفاده از این فن‌آوری در کشورهای مختلف، متفاوت است. به عنوان مثال ژاپنی‌ها مدل‌های هیبریدی را به انواع الکتریکی ترجیح می‌دهند و مردم هلند و نروژ خودروهای الکتریکی را از مدل‌های هیبریدی بیشتر دوست دارند. این اختلاف سلیقه بین اروپایی‌ها و ژاپنی‌ها عوامل متعددی دارد. وجود زیرساخت‌ها، تمایل رانندگان، کاربردی بودن فناوری‌های موجود در خودروهای مدرن و از همه مهم‌تر منابع تولید برق در انتخاب مردم شرق و غرب تاثیر دارد. چرا که مهم‌ترین هدف استفاده از فناوری‌های الکتریک-هیبرید در خودروها کاهش آلودگی محیط است و نه آلوده کردن بیشتر.



شکل ۱- توزیع نیروی خودرو از منابع برقی

بسیاری از کشورهای دنیا تمایز زیادی را بین برقی کردن خودروها با خودروهای برقی قائل می‌شوند. خودروهای برقی شده الزاماً تمام الکتریک نیستند. این خودروها که در انگلیسی با لفظ ماشین برقی^۱ شناخته می‌شوند، به گزینه‌های الکتریکی مجهز شده‌اند که درصدی از نیروی یک خودرو را از منابع برقی تامین می‌کند. معمولاً این دسته از خودروها در کنار موتور احتراقی خود دارای یک موتور الکتریکی نیز هستند و با خودروهای صرفاً برقی متفاوتند. مسلماً تا زمانی که خودروهایی مانند پراید، سمند، دنا تنها از موتورهای احتراقی بهره می‌برند، هیچ روند الکتریکی‌سازی رخ نداده است. اما با اضافه شدن یک موتور الکتریکی کم توان ۳ کیلو وات، همین خودروها برقی نامیده می‌شوند. همین مثال می‌تواند تلاش خودروسازان خارجی در روند برقی‌سازی خودروها و تفاوت آن از خودروهای الکتریکی را نشان دهد.

۲- حرکت - توقف " راهی ساده برای برقی‌سازی خودروها

۲-۱- استارت - استاپ " اولین گام در فرآیند برقی‌سازی خودروها

یکی از فرآیندهای ساده برقی‌سازی خودروها استفاده از فناوری "حرکت - توقف"^۲ است.

1 Electrified car

2 "Stop/Start"



شکل ۲- تصویر استارت-استاپ در خودرو برقی

خوب است بدانید نزدیک به ۲۰ درصد آلودگی ناشی از خودروها و ۱۰ درصد مصرف سوخت، زمانی رخ می‌دهد که پشت چراغ قرمز یا در ترافیک متوقف شده‌اید و ناچارید خودرو را روشن نگه‌دارید "Stop/Start". در این مرحله بزرگترین کمک را به شما خواهد کرد.

این سامانه به گونه‌ای طراحی شده که در حین توقف‌های کوتاه، موتور احتراقی خاموش شده و از سوزاندن سوخت و تولید CO₂ بیشتر ممانعت به عمل می‌آورد. در عین حال راننده برای بازگرداندن خودرو به حالت قبل، کار سخت و طاقت‌فرسایی انجام نخواهد داد و تنها کافیست تا راننده پدال گاز را فشار دهد.

۲-۲- کپچر مجهز به فناوری حرکت- توقف

در دل این فناوری، یک موتور الکتریکی کوچک وجود دارد که با سرعت و در دفعات زیاد موتور احتراقی را خاموش و روشن می‌کند و فعالیتی مانند ژنراتور از خود نشان می‌دهد. باتری ۱۲ ولتی در این خودروها نیز همچنان کار برق‌رسانی را انجام خواهند داد. چنین خودروهایی در فرهنگ اروپایی جا افتاده‌اند و خودروسازان آنها با اضافه کردن یک موتور الکتریکی کوچک اولین و کوتاهترین گام را برای "برقی‌سازی" انجام داده‌اند. در ایران خودروهایی مانند هایما، نیسان جوک و رنو کپچر از این فناوری بهره‌مند هستند.

هیبریدی‌های متوسط از فرایند ترمز شارژ الکتریکی می‌سازند. اما خودروهای هیبریدی دیگری نیز وجود دارند که می‌توانند انرژی حاصل از هر ترمز را دریافت و ذخیره کنند. در این خودروهای هیبریدی موتور الکتریکی قویتری نسبت به خودروهای حاوی فناوری "حرکت- توقف" وجود دارد. این موتورهای الکتریکی در کنار موتورهای درون‌سوز قرار می‌گیرند تا با افزایش کارایی موتور اصلی به کاهش مصرف سوخت منجر شوند. باتری‌های به کار رفته در این خودروهای ملایم هیبریدی معمولاً ۴۸ ولتی هستند تا بتوانند خودرو را حرکت داده یا به خوبی متوقف کنند. برقی‌سازی در این خودروها نسبت به موتورهای قبلی تقویت شده و نمونه فناوری آن در خودروهایی مانند تویوتا کرون، هوندا اینسایت و مینی به کار رفته است. این فناوری در جهان با نام هیبریدی‌های ملایم شناخته می‌شوند.



شکل ۳- هوندا کرون (یک هیبریدی متوسط که شارژ را با فرایند ترمز ذخیره می‌کند.)

بار اصلی حرکت در هیبریدی‌های کامل بر دوش موتورهای احتراقی است. هیبریدی‌های کامل بحثی جداگانه دارند. در این خودروها یک موتور الکتریکی بسیار قدرتمند در کنار موتور احتراقی قرار گرفته که بدون اتکا به موتور درون‌سوز و به تنهایی خودرو را می‌راند.



شکل ۴-ویوتا پریوس - یک هیبریدی کامل

امثال این خودروها در دنیایی که به سمت هیبریدی‌ها پیش‌می‌رود در حال افزایش است و می‌توان از تویوتا پریوس و هیوندای سوناتای هیبریدی در این رده نام برد. "تمام هیبریدی"ها هم ویژگی خودروهای حرکت-توقف را دارند و هم از ویژگی هیبریدی‌های ملایم بهره می‌برند. از طرفی موتور خودروهای هیبریدی کامل آنقدر قدرتمند است که به شکلی مستقل به خوبی می‌توانند خودرو را روی شیب حرکت داده یا به شتاب برسانند. با این وجود باید گفت در این خودروها نیز کار اصلی بر دوش موتورهای احتراقی است.

۲-۳- پلاگین هیبرید

چندی پیش خودروسازان به این باور رسیدند که هیبریدی‌ها توان طی مسیر در مسافت‌های طولانی را ندارند و باتری‌های لیتیومی آنها در نهایت می‌تواند بردی کوتاه را برای این خودروها رقم بزند. برای مثال می‌توان به بردی پنج کیلومتری برای پریوس‌های اولیه اشاره کرد. اما این بردهای کوتاه قطعا پاسخ‌گوی نیاز مشتریان نبود. بنابراین خودروسازان تصمیم گرفتند تا ظرفیت باتری‌ها را افزایش داده و امکان شارژ آن از طریق برق خانگی یا ایستگاه‌های شارژ خیابانی را فراهم آورند. شارژ الکتریکی خودروها باعث کاهش قابل توجه آلاینده‌گی در سیکل حرکت‌های شهری می‌شود. برای مثال پریوس‌های اولیه که دارای باتری یک کیلوواتی بودند، با استفاده از باتری‌های قابل شارژ ۴,۴ کیلوواتی، حرکت در فاز الکتریکی را به ۲۳ کیلومتر رساندند تا عملکرد بهتری را برای موتورهای احتراقی رقم بزنند. خودروهای هیبریدی بردافزا بیش از ۲۰۰ کیلومتر می‌رانند. این روزها خودروسازان وعده ساخت خودروهای هیبریدی با قابلیت طی مسیر طولانی را می‌دهند. وعده حرکت ۳۰۰ کیلومتر با یک بار شارژ در خودروهای آینده مسئله چندان غریبی نیست. این برد حرکتی می‌تواند نیاز رانندگان در حرکت روزانه را پاسخ گوید.



شکل ۵-نيسان نوت هیبریدی با قابلیت طی مسافت طولانی

باتری‌های پرظرفیت این خودروها در فاز الکتریکی خودرو را حدود ۲۰۰ کیلومتر می‌راند و امکان شارژ مجدد آنها از طریق خانگی یا ایستگاه‌های شارژ سریع در زمان کوتاه وجود دارد. اما در مواقع اضطراری که امکان شارژ وجود ندارد، یک ژنراتور که به یک موتور کوچک احتراقی مجهز شده می‌تواند باتری را در حین حرکت یا توقف خودرو، شارژ کند. بامو i3، نisan لیف یا نسخه‌های جدید نisan نوت در این رده قرار دارند.

۲-۴- خودروهای برقی بدون موتور احتراقی^۱

در بالاترین سطح الکتریکی‌سازی، خودرو هیچ موتور احتراقی ندارد و صرفا با موتور الکتریکی و با تکیه بر توان باتری حرکت می‌کند و ظرفیت باتری آنها عموما بیش از ۵۰ کیلووات ساعت می‌رسد. تسلا مدل S نمونه بسیار خوبی از این خودروهاست. این خودرو برای پیمایش ۳۵۰ کیلومتری خود، باتری‌ای با ظرفیت ۸۵ کیلووات ساعت به وزن ۵۴۰ کیلوگرم را در خود جا داده و با توجه به این شرایط یکی از پرشتاب‌ترین خودروهای این رده محسوب می‌شود. استفاده از این خودروها درون شهری نیز یکی از راه‌های

کاهش آلودگی است اما این خودروها نیز با چالش وزن و حجم زیاد باتری‌ها، قیمت بسیار بالای آنها و زمان شارژ دست و پنجه نرم می‌کنند و تلاش خودروسازان نیز در جهت حل و فصل این معضل است.



شکل ۶- تسلا مدل S یک خودروی برقی کامل بدون موتور احتراقی

۲-۵- تأثیر وسایل نقلیه الکتریکی در حفاظت از انرژی

این تحقیق بر روی رانندگان خودروهای برقی انجام گرفته است و هدف از آن بررسی تأثیر استفاده از یک خودروی برق بر تفکرات و رفتار رانندگان این خودروها در مواجهه با مصرف انرژی و صرفه‌جویی در مصرف آن است. کلین تکنیکا^۱ یک پایگاه خبری تحلیلی و تحقیقاتی است که تحقیقات آن به عنوان مرجع تحقیقاتی خبرگزاری‌هایی چون نیویورک تایمز، واشینگتن پست، MSNBC، Slate، تینک پروگرس، رویترز، ساینتیفیک امریکن و... قرار می‌گیرد. در این تحقیق کلین تکنیکا نتایج مطالعات خود بر روز دو هزار راننده خودروهای برقی از ۲۸ کشور (۴۹ ایالت از ۵۰ ایالت ایالات متحده، ۲۶ کشور اروپایی و ۹ استان کانادا) را ارائه کرده است.

کلین تکنیکا می‌خواهد بداند رانندگان خودروهای برقی به چه چیز نیاز دارند و مطلوب آن‌ها از خودروی برقی آینده و از شبکه شارژ خودروهای برقی چیست؟ و نیز زندگی با یک خودروی برقی برای آن‌ها چه معنایی دارد؟ در این گزارش از سه گروه خودروی برقی مشخص استفاده شد، رانندگان خودروی تسلا، رانندگان خودرویی غیر از تسلا و رانندگان خودروهای هیدروژنی شارژی. یکی از استدلال‌های جالبی که کلین تکنیکا می‌خواست در خصوص خودروهای الکتریکی بداند این بود که چطور ممکن است رانندگان یک خودروی الکتریکی بر زندگی مردم تأثیر داشته باشد و آن‌ها را برای حفاظت از انرژی تشویق کند. برای محققان این گزارش جالب بود که چطور خودروی برقی می‌تواند طریقه مصرف انرژی رانندگان را در موارد دیگر نیز تغییر دهد.

بر اساس گزارشی که کلین تکنیکا روز سیزدهم ژوئن در وب سایت خود منتشر کرده است (این گزارش به فروش می‌رسد و رایگان نیست)، بسته به گروه‌های مورد مطالعه، ۲۸ تا ۴۳ درصد پاسخ دهندگان گفته‌اند که داشتن خودروی برقی باعث شده است که در منزل خود نسبت به صرفه‌جویی در انرژی هم اقدام نمایند. اما ۱۲ تا ۱۹ درصد آن‌ها چندان مطمئن نبودند.

بر همین اساس، مفهومی که از این نتیجه برداشت می‌شود این است که خودروهای برقی نه فقط انتشارات حمل و نقل را کاهش می‌دهند بلکه انتشارات حاصل از تولید برق، گرمایش و سرمایش را هم کاهش می‌دهند. هر چقدر میزان مصرف انرژی در یک منزل کمتر شود، میزان انرژی لازمی که باید در نیروگاه‌ها تولید شود کمتر خواهد بود. در نتیجه انتشارات تولید انرژی هم کاهش خواهد یافت.

کلین تکنیکا از این رانندگان می‌پرسد آیا داشتن یک خودروی برقی باعث می‌شود که آن‌ها به‌صورت کارآمدتری رانندگی کنند؟ بسیاری از این رانندگان به این سوال پاسخ مثبت دادند. این وب سایت تحقیقاتی دلیل ارائه چنین پاسخی را، که چرا رانندگان در مصرف انرژی در خانه‌های خود هم به بهره‌وری اهمیت می‌دادند را این‌طور تحلیل می‌کند ((آنها شروع به فکر کردن درباره انرژی مصرفی خود کرده‌اند و اینکه چطور می‌توانند از آن محافظت کنند)).

و در نتیجه کلین تکنیکا به این موضوع رسیده است که «رانندگی کردن با این تفکر خودبه‌خود باعث می‌شود که آن‌ها در دیگر بخش‌های زندگی خود هم چنین شیوه‌ای در پیش بگیرند» در میان خودروهای برقی، خودروهای تسلا در دنیا جایگاه و اهمیتی خاصی دارند. این خودروها گران‌قیمت‌تر هستند و از سویی برد الکتریکی این خودروها هم بالاست. بر همین اساس یک نکته بسیار جالب در تحقیق این موسسه وجود دارد و آن اینکه رانندگان خودروهای تسلا، رانندگانی که بیشترین برد الکتریکی را دارند، کمتر از دیگران معتقد بودند که رانندگان خودروی الکتریکی ممکن است باعث شود که به رانندگی با بهره‌وری بالا اهمیت

دهند. البته، احتمالاً دلیلش این است که رانندگان خودروهای تسلا انتظارات بیشتری از این خودرو دارند و یا اینکه از نظر مالی وضعیت بهتری نسبت به دیگر خودروسازها دارند و اهمیتی به صرفه‌جویی نمی‌دهند.

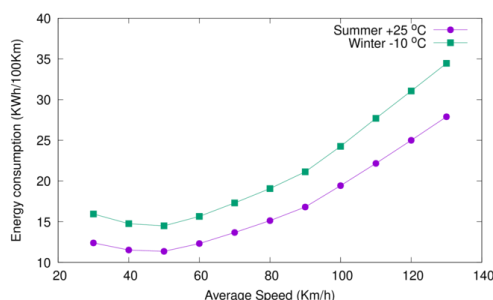
به هر حال رانندگان خودروهای شارژی، که برد الکتریکی کمتری دارند اما باز هم نگرانی خاصی در خصوص خاموش شدن خودروی خود به خاطر خالی شدن باتری ندارند، چون یک ذخیره گازی مطمئن دارند، بیش از بقیه اظهار کرده‌اند که این خودروها باعث می‌شود به رانندگی کارآمدتر از نظر انرژی فکر کنند. کلین تکنیکا به نتیجه دیگری هم رسیده است. این وب سایت می‌نویسد «به نظر می‌رسد، هرچقدر اندازه باتری کوچکتر شود، رانندگان بیشتر تمایل به استفاده حداکثری از ذخیره باتری تا آخرین توان آن دارند حتی اگر ذخیره گازی هم داشته باشند. و در نهایت با بررسی پاسخ‌ها این سوال مطرح می‌شود که آیا وقتی رانندگان خودروهای برقی دسترسی به خودروی برقی با برد الکتریکی بالا دارند، نسبت به حفظ انرژی و رانندگی کارآمدتر و بهره‌ورتر مشتاق تر نخواهند بود؟

۲-۶- بهینه‌سازی خودروهای الکتریکی

دو عامل خیلی مهم در مصرف انرژی یک خودروی الکتریکی نقش دارند:

۱- سرعت متوسط

مصرف انرژی خودروهای الکتریکی، با افزایش سرعت، به شدت افزایش می‌یابد. نمودار زیر مصرف انرژی Renault Zoe1، یکی از محبوب‌ترین خودروهای الکتریکی موجود را در دو فصل تابستان و زمستان (در شرایطی که کولر و بخاری خاموش است) نشان می‌دهد:

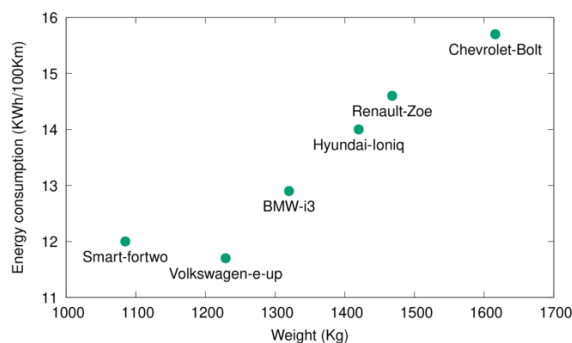


نمودار ۱-نمودار مصرف انرژی Renault Zoe1

دلیل این که بازدهی خودروهای الکتریکی در زمستان سرد، کمتر است را می‌توان به سادگی توضیح داد. باتری‌ها به واسطه فرایندهای شیمیایی عمل می‌کنند. فرایندهای شیمیایی در زمستان به شدت کند می‌شوند. در نتیجه بخشی از انرژی باتری باید صرف گرم کردن خودش شود تا باتری بتواند درست کار کند. دمای زیاد هم به عملکرد باتری آسیب می‌زند اما با توجه به آب و هوای معتدل در کشورهای اروپایی، این مشکل هرگز وجود ندارد. در کشور ما که تابستان‌های به شدت داغ و طولانی دارد، این مسئله بسیار مهم خواهد بود. همچنین می‌بینیم که با افزایش سرعت از حالت بهینه (۵۰ کیلومتر در ساعت) به ۱۰۰ و ۱۳۰ کیلومتر در ساعت، بازدهی دو تا سه برابر کاهش می‌یابد. بخش زیادی از این افت بازدهی به نیروی مقاومت هوا برمی‌گردد که با سرعت به توان دو متناسب است. این موضوع را می‌توانید همچنین در خودروی الکتریکی معروف شرکت بی‌ام‌و (i) (۱۳) ببینید. راه حل این مشکل این است که از این خودروها فقط در محدوده شهری استفاده شود و در سفرهای بین شهری از حمل نقل عمومی استفاده کرد.

۲- وزن خودرو

وزن خودرو هم عامل مهمی در مصرف انرژی است. در نمودار زیر چند خودروی الکتریکی محبوب را می‌بینید که بر اساس وزن و مصرف انرژی دسته‌بندی شده‌اند:



نمودار ۲- آینده خودروهای الکتریکی

این نمودار نشان می‌دهد که آینده خودروهای الکتریکی در دست خودروهای سبک خواهد بود. شرکت‌های آلمانی پیش‌تر از رقبای‌شان این موضوع را فهمیده‌اند.

۷-۲- استفاده از خودروی الکتریکی در ایران

اما آیا استفاده از خودروی الکتریکی در آینده نزدیک در ایران به سود ما است؟ جواب منفی است. یک محاسبه ساده این ادعا را ثابت می‌کند: به گزارش پاد پرس، بازدهی یک خودروی الکتریکی مدرن چیزی در حدود ۶۰ درصد است. به این معنی که چنین خودرویی می‌تواند ۶۰ درصد از انرژی ورودی را به حرکت تبدیل کند. بازدهی یک خودروی بنزینی تقریباً ۳۵ درصد است. اما این همه ماجرا نیست. کشور ما با سوزاندن سوخت فسیلی برق تولید می‌کند.

بازدهی یک نیروگاه برق در حدود ۳۰ درصد است. از ۱۰۰ واحد انرژی‌ای که در سوخت فسیلی نهفته است، تنها ۳۰ واحدش توسط نیروگاه به انرژی الکتریکی تبدیل می‌شود. ائتلاف در شبکه برق هرچند زیاد است اما در این محاسبه از آن صرف نظر می‌کنیم. از ۳۰ واحدی که به شبکه برق منتقل شده است، با توجه به بازدهی خودروی الکتریکی تنها ۱۸ واحد (۶۰ درصد از ۳۰ واحد انرژی تولیدی نیروگاه) به انرژی حرکتی خودرو تبدیل می‌شود. در طرف مقابل، خودروی بنزینی ۳۵ واحد از ۱۰۰ واحد انرژی‌ای که از سوخت بنزین به دست می‌آورد، به انرژی حرکتی تبدیل می‌کند. نتیجه نهایی این که در کشوری که با سوزاندن سوخت فسیلی برق تولید می‌کند، استفاده از خودروی بنزینی منطقی‌تر است. به عبارت دیگر، در چنین کشوری، بازدهی موثر یکی خودروی الکتریکی خیلی کمتر از یک خودروی بنزینی است. دانستن معایب و مزایای خودروهای برقی برای توجه بیشتر به استفاده از آنها به منظور استفاده از هوای پاک بسیار اهمیت دارد.

بسیاری از کشورهای جهان قصد دارند با هدف مقابله با آلودگی هوا و کاهش میزان انتشار آلاینده‌ها و گازهای گلخانه‌ای و حفظ بیشتر محیط زیست، خودروهای تمام الکتریکی و برقی را به تولید انبوه برسانند. افزایش روزافزون خودروهای برقی و محبوبیت استفاده بیش‌تر از این خودروهای پاک، موجب شده است شرکت‌های خودروسازی در سراسر جهان به رقابتی تنگاتنگ بپردازند. هر خودروساز از برنامه‌های خود برای طراحی و تولید خودروهایی بهتر و با توان پیمایش بیشتر رونمایی کند. بدین ترتیب شرکت‌های خودروسازی بزرگی تصمیم گرفته‌اند که تغییر رویکرد داده و به سمت و سوی ساخت و طراحی خودروهای برقی و الکتریکی و هیبریدی بروند. تا در سال‌های آینده، مشتریان خودرو بیشتر به خرید این محصولات روی بیاورند. بر اساس گزارشی که در وبسایت ergon آمده است، در سال‌های اخیر بسیاری از کارشناسان و تحلیلگران بر این باورند که معایب و مزایای خودروهای برقی متنوع هستند که تنها یکی از آنها، حفظ بیشتر محیط زیست خواهد بود. در زیر به مهم‌ترین مزایای استفاده از خودروهای برقی، پاک و دوستدار محیط زیست اشاره شده است:

۱- نبود هزینه سوخت

یکی از مهم‌ترین عللی که کارشناسان همواره مشتریان بازارهای جهانی خودرو را به خریداری و استفاده از خودروهای برقی و الکتریکی ترغیب و تشویق کرده‌اند، نبود هزینه‌های مربوط به سوخت‌گیری خودروهای بنزینی و دیزلی است. در گزارش‌های منتشر شده، هزینه شارژ خودروهای برقی یک سوم هزینه سوخت گیری برای خودروهای آلاینده بنزینی و دیزلی اعلام و گزارش شده است.

۲- هزینه کم در نگهداری و استفاده

با توجه به سیستم متفاوتی که در خودروهای برقی به کار گرفته شده است، بسیاری از قطعات مربوط به سیستم‌های احتراقی خودرو که در اثر مدتی استفاده خیلی زود مستهلک و فرسوده می‌شوند. بنابراین به گفته کارشناسان، بهتر است مشتریان برای مسائل مادی و صرفه اقتصادی بیشتر هم که شده، از خریداری و استفاده از خودروهای بنزینی و دیزلی صرف نظر کرده و به خودروهای برقی روی بیاورند.

۳- کاهش میزان آلودگی هوا

یکی از بزرگترین و مهم‌ترین دلایل حذف خودروهای بنزینی و دیزلی از بازارهای جهانی خودرو، میزان بالای آلاینده‌هاست که موجب شده بسیاری از شهرهای بزرگ و صنعتی در جهان با معضل آلودگی همیشگی هوا مواجه شوند و شهروندان ساکن در آنها نیز با مشکلات متعددی مواجه شوند.

۴- حفظ محیط زیست

معضل گرمایش زمین که در اثر افزایش آلودگی هوا، کاهش غلظت لایه ازن، افزایش گازهای گلخانه‌ای، آتش‌سوزی جنگل‌ها و از بین رفتن مراتع بوجود آمده است، محیط زیست در این کره خاکی را به شدت به چالش کشانده است. به‌طور قطع یکی از

بهترین راهکارها به منظور حفاظت از محیط زیست، ترغیب مشتریان به خریداری و استفاده از خودروهای برقی، پاک و دوستدار محیط زیست است.

۵- کاهش شیوع مشکلات تنفسی، قلبی و ریوی

از بزرگترین نتایج آلودگی هوا، شیوع بیش‌تر مشکلات مربوط به سلامتی افراد همچون بیماری‌های تنفسی، قلبی و ریوی است که به راحتی با استقبال بیشتر از خودروهای برقی برطرف شده و کاهش پیدا خواهد کرد. کشورهای پیشگام در استفاده از وسایل نقلیه پاک و دوستدار محیط زیست سعی دارند با ارائه تسهیلات ویژه و تبلیغات گسترده، مردم و شهروندان خود را همواره به استفاده و خرید وسایل نقلیه برقی و هیبریدی تشویق و ترغیب کنند. دولت چین اعلام کرده است که تا سال ۲۰۲۵ میلادی باید حداقل یک دستگاه از پنج دستگاه خودرویی که در این کشور وجود دارد، برقی و هیبریدی باشد. به گزارش ایسنا، دولت‌های بسیاری همچون انگلستان، فرانسه، نروژ، اسپانیا، یونان، مکزیک، چین و هند از جمله پیشگامانی هستند. این کشورها قصد دارند به منظور جلوگیری از آلودگی هوا، حفظ محیط زیست و کاهش دمای کره زمین، تولید و فروش خودروهای بنزینی و دیزلی را تا دهه ۲۰۳۰ و نهایتاً تا دهه ۲۰۴۰ میلادی (حدوداً دو دهه آینده) ممنوع و متوقف اعلام کنند.

منابع

- Roth, Hans (March 2011). Das erste vierrädrige Elektroauto der Welt [The first four-wheeled electric car in the world (به German)]. pp. 2-3.
- Guarnieri, M. (2012). Looking back to electric cars. Proc. HISTELCON 2012 – 3rd Region-8 IEEE HISTory of Electro – Technology Conference: The Origins of Electrotechnologies. pp. 1-6. doi:10.1109/HISTELCON.2012.6487583. ISBN 978-1-4673-3078-7.
- Sperling, Daniel; Gordon, Deborah (2009). Two billion cars: driving toward sustainability. Oxford University Press. pp. 22-26. ISBN 978-0-19-537664-7.
- "Birmingham clean air charge: What you need to know". BBC. 13 March 2019.
- "How to charge an electric car". Carbuyer. Retrieved 2018-04-22.
- ۲۰۱۸ "Nissan Leaf electric car gets 151-mile EPA range rating". Green Car Reports. Retrieved 2018-04-22.
- ۲۰۱۹ "Tesla Model S Long Range vs. 2013 Model S 85: How do they compare in value?". Green Car Reports. Retrieved 2019-06-17.
- Liasi, Sahand Ghaseminejad, and Masoud Aliakbar Golkar. "Electric vehicles connection to microgrid effects on peak demand with and without demand response." In Electrical Engineering (ICEE), 2017 Iranian Conference on, pp. 1272-1277. IEEE, 2017.
- Public hearing to consider proposed amendments to the california zero emission vehicle regulations regarding treatment of majority owned small or intermediate volume manufacturers and infrastructure
- FAQ: Standards - ChargePoint Network
- "Fact Sheet – Japanese Government Incentives for the Purchase of Environmentally Friendly Vehicles" (PDF). Japan Automobile Manufacturers Association. Archived from the original (PDF) on 2010-12-26. Retrieved 2010-12-24.
- Motavalli, Jim (2010-06-02). "China to Start Pilot Program, Providing Subsidies for Electric Cars and Hybrids". The New York Times. Retrieved 2010-06-02.
- "Growing Number of EU Countries Levying CO2 Taxes on Cars and Incentivizing Plug-ins". Green Car Congress. 2010-04-21. Retrieved 2010-04-23.
- "Notice 2009-89: New Qualified Plug-in Electric Drive Motor Vehicle Credit". Internal Revenue Service. 2009-11-30. Retrieved 2010-04-01.
- Ward, Jonathan (2017-04-28). "EV supply chains: Shifting currents". Automotive Logistics. Archived from the original on 2017-08-03. Retrieved 2017-05-13.
- McMahon, Jeff. "Electric Vehicles Cost Less Than Half As Much To Drive". Forbes. Retrieved 2018-05-18.
- "Aptera Forum Calendar", ApteraForum Retrieved on 2008-06-20.

شبیه‌سازی واحد بازیابی آمونیاک پتروشیمی لردگان با هدف بهینه‌سازی تجهیزات فرآیندی

تاریخ دریافت: ۹۹/۰۶/۱۲

تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۷/۱۶

کد مقاله: ۶۸۷۱۲

رضا منصوری^۱، نادر مختاریان^۲

چکیده

هدف از انجام این پژوهش شبیه‌سازی واحد بازیابی آمونیاک پتروشیمی لردگان با هدف بهینه‌سازی تجهیزات فرآیندی می‌باشد که برای مجتمع پتروشیمی لردگان مورد مطالعه قرار گرفته است. پتروشیمی اوره - آمونیاک متشکل از دو بخش جذب گاز و دفع می‌باشد، براساس بررسی‌های صورت گرفته بالابودن فشار در کل سایت از نظر جذب آمونیاک در آب بسیار خوب بوده ولی پیوستگی این فشار بالا در بخش دفع علاوه بر بالا بردن ریفلاکس (بدلیل جبران انتقال جرم) منجر به بالا رفتن مصرف یوتیلیتی در ریپویلر برج دفع و مبدل گرمایی خنک‌کننده حلال در گردش شده است. لذا علاوه بر اعمال افت فشار در بخش دفع، چگالنده نیز به برج دفع اضافه گردید که بطور خلاصه می‌توان گفت این روش منجر به بازیابی کامل بخار فشار بالا و آب خنک‌ساز و تعیین ریفلاکس بهینه برای برج دفع شد. در روش دوم سعی گردید تا علاوه بر افت فشار بوسیله انتگراسیون فرآیندی واحد بازیابی بازطراحی گردد که نقطه مثبت این روش را می‌توان در حذف ریپویلر و جایگزینی تزریق مستقیم بخار جهت دفع آمونیاک و خنک‌سازی حلال در گردش بوسیله گاز برج ورودی به واحد بیان نمود. نتایج حاکی از این بود که باز طراحی واحد بازیابی آمونیاک می‌تواند تاثیر بسزایی در بهینه‌سازی داشته باشد که این امر بوسیله آنالیز منحنی ترکیبی پینچ برای روند فعلی و باز طراحی نیز مشخص شد. نتایج نشان داد که نیازی به وجود کولر خنک‌سازی حلال بدلیل بهبود انتقال حرارت در مبدل حرارتی پیش از برج و بازیابی ۱۸۰۲۰ کیلوگرم در ساعت آب خنک‌سازی نیست و جایگزینی فشار بخار پایین بجای بخار فشار بالا در ریپویلر بدلیل کاهش دما در ریپویلر می‌باشد و همچنین کاهش مصرف یوتیلیتی در ریپویلر برج دفع تا ۱۸۰۲ کیلوگرم در ساعت را در پی دارد. تامین ریفلاکس برج دفع بوسیله استفاده از چگالنده و بهینه‌سازی ریفلاکس تا ۳۹/۳۵ کیلومول بر ساعت میسر می‌گردد.

واژگان کلیدی: شبیه‌سازی، واحد بازیابی آمونیاک، پتروشیمی لردگان، بهینه‌سازی، تجهیزات فرآیندی

۱- گروه مهندسی شیمی، واحد شهرضا، دانشگاه آزاد اسلامی، شهرضا، ایران

۲- گروه مهندسی شیمی، واحد شهرضا، دانشگاه آزاد اسلامی، شهرضا، ایران

تولید تجاری اوره از طریق واکنش آمونیاک و CO_2 حاصل می گردد. بیشتر اوره تولید شده در جهان به صورت جامد و به پریل، گرانول و کریستال (برای مصارف خاص و به مقدار کم) می باشد [۱]. بالغ بر ۵۸ درصد مصرف اوره به عنوان کود شیمیایی بوده و بخشی از آن نیز در تولید اوره آمونیوم نیترات، NPKS و کاربردهای صنعتی (اوره، فرمالدئید، فرمالین و ...) به کار می رود. محصولات دیگری نیز با اضافه کردن ترکیبات مختلف به اوره از جمله سولفات کلسیم، فسفات منو کلسیم و کلرو آمونیوم بدست می آیند [۲]. اوره به دلیل داشتن کربن در ساختار شیمیایی خود، در گروه محصولات شیمیایی آلی قرار می گیرد. از آنجا که اوره از ترکیب آمونیاک و دی اکسید کربن (محصول فرعی در فرآیند تولید آمونیاک) حاصل می شود تمام واحدهای تولیدی اوره در مجاورت و نزدیکی واحدهای تولیدی آمونیاک می باشند [۳]. بهینه سازی انرژی یکی از ابزارهای اصلی و مؤثر جهت دستیابی به توسعه پایدار در سراسر جهان محسوب می گردد. منظور از بهینه سازی انرژی، انتخاب الگوی صحیح و ایجاد و به کارگیری روش ها و سیاست های درست در تولید و مصرف انرژی است که علاوه بر تضمین استمرار رشد اقتصادی، موجب کاهش تخریب منابع انرژی و نیز کاهش اثرات سوء ناشی از استفاده ناصحیح انرژی بر محیط زیست و جامعه می گردند، صنعت پتروشیمی یکی از عمده ترین بخش های مصرف کننده انرژی در کشور می باشد، به گونه ای که در سال ۱۳۹۸، ۲۵/۸۸ درصد از کل مصرف نهایی انرژی کشور را به خود اختصاص داده است [۴]. این در حالی است که سهم ارزش افزوده صنعت در تولید ناخالص داخلی تنها حدود ۱۶/۹۰ درصد بوده است. بنابراین اجرای طرح های صرفه جویی و انجام ممیزی انرژی و مدیریت انرژی در بخش صنعت کاملاً ضروری به نظر می رسد. مدیریت انرژی شامل موضوعات متعددی از جمله مدیریت توان مورد نیاز، بهینه سازی مصرف، بقای منابع سوختی، بازیافت حرارت و استفاده از فرایندها و تجهیزات پربازده تر می شود [۵]. در حال حاضر صرف نظر از موقعیت خاص کشور چین که به دلیل فراوانی ذغال سنگ و نبود شبکه انتقال گاز طبیعی در این کشور همچنان از ذغال سنگ به عنوان ماده اولیه اصلی در تولید آمونیاک استفاده می کند، حدود ۶۰ تا ۷۰ درصد از تولیدات جهانی آمونیاک بر پایه استفاده از گاز طبیعی در ریفرمینگ با بخار و تولید هیدروژن و سپس سنتز آمونیاک می باشد [۶]. این امر به دلیل مصرف انرژی پایین و سرمایه گذاری کم برای واحدهایی است که با گاز طبیعی به عنوان خوراک کار می کنند [۷]. پیش بینی می شود که گاز طبیعی همچنان قابل قبول ترین خوراک به خصوص در کشورهای در حال توسعه بماند. گازی مصرفی واحدهای تولیدکننده اوره و آمونیاک به دو بخش سوخت و خوراک تقسیم می شود که نرخ هر کدام متفاوت است. نرخ گازی که به عنوان سوخت مصرف می گردد همچون نرخ گاز خانگی محاسبه می گردد اما نرخ گازی که به عنوان خوراک مصرف می گردد شناور بوده و دارای فرمولی است که در ذیل می آید [۸]. در این پژوهش سعی بر آن است که شبیه سازی واحد بازیابی آمونیاک پتروشیمی لردگان با هدف بهینه سازی تجهیزات فرآیندی مورد مطالعه قرار گیرد.

۲- روش تحقیق

مجتمع پتروشیمی لردگان واقع در استان چهارمحال و بختیاری در زمینی به مساحت ۱۰۰ هکتار در منطقه فلارد در ۵۵ کیلومتری شهرستان لردگان در حال احداث می باشد. شرکت پتروشیمی لردگان در سال ۱۳۸۷ تاسیس گردید و به دلیل دسترسی مناسب به منابع آب و گازی و نزدیکی به سه خط لوله گاز کشور و همچنین دارا بودن زمین و موقعیت مناسب از نظر تسطیح و انجام کار زیر بنایی از موقعیت مکانی مناسبی برخوردار می باشد. این واحد برای تولید روزانه ۲۰۵۰ تن آمونیاک مایع طراحی شده است که ۹۰٪ آمونیاک تولیدی در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد به واحد اوره برای تولید اوره ارسال می شود و مابقی آمونیاک تولیدی در دمای ۳۱- درجه سانتی گراد در تاناک ذخیره می شود. تولیدات این مجتمع اوره و آمونیاک بوده و ظرفیت تولید سالانه آن ۱۰۷۳ هزار تن اوره و ۶۷۷ هزار تن آمونیاک است که بخش عمده ای از آمونیاک تولیدی برای تولید اوره در داخل مجتمع مصرف می شود و ۷۴ هزار تن به صورت مازاد برای عرضه مستقیم به بازار در نظر گرفته شده است. عمده ترین کاربرد آمونیاک در تولید انواع کودهای شیمیایی است. آمونیاک را می توان هم به صورت مستقیم به عنوان کود شیمیایی به کاربرد و هم در تولید موادی مانند نیترات آمونیوم، سولفات آمونیوم، مونو آمونیوم فسفات، دی آمونیوم فسفات و اوره و دیگر کودهای شیمیایی از آن استفاده کرد.



شکل (۱): نمایی کلی از پتروشیمی لردگان

۳- معرفی نرم افزار Aspen Hysys

اسپن هایسیس^۱ محصولی از شرکت AspenTech است و نرم‌افزاری قدرتمند و بسیار پیشرفته برای طراحی و شبیه‌سازی واحدهای فرآیندی، نیروگاهی و مخازن طبیعی نفت و گاز به شمار می‌رود. این محصول شامل برنامه‌ها و ابزارهای مختلفی است که به صورت یک پک در این نرم‌افزار گنجانده شده‌اند [۹]. به عبارت دیگر نرم‌افزارهای موجود در این پک به دلیل پوشش اکثر فرآیندهای نفت، گاز، پتروشیمی، الکترولیتی، دارویی، معدنی، غذایی، واحدهای تولید پلیمری و ... محدوده وسیعی از نیازمندی‌های متخصصان در شرکت‌های مشاور، صنایع و دانشگاه‌ها را تامین می‌کند. علاوه بر این، از این نرم‌افزار می‌توان در زمینه‌ی طراحی و شبیه‌سازی واحدهای فرآیندی، نیروگاهی و مخازن طبیعی نفت و گاز که بخش عمده‌ای از نیازهای مهندسان شیمی و مهندسان مکانیک است، استفاده کرد [۱۰]. از دیگر امکانات این نرم‌افزار می‌توان به مواردی مانند طراحی دقیق و مکانیکی تجهیزات فرآیندی مانند تجهیزات تبادل حرارتی، برج‌ها و ... اشاره کرد. با استفاده از نرم‌افزار اسپن هایسیس می‌توانید فرآیندهای مختلف در صنایع نفت، گاز، پالایش و پتروشیمی را مدل‌سازی کنید. خواص مواد مختلف در کتابخانه‌های نرم‌افزار به صورت بسته‌ها و پکیج‌ها در دسترس است. بعلاوه می‌توان تمامی دستگاه‌هایی را که در انجام یک فرآیند مورد نیاز است، به صورت جداگانه طراحی نمود و سپس آن را شبیه‌سازی کرد. همچنین می‌توان در مورد پارامترهای مختلف فرآیند بهینه‌سازی نیز انجام داد [۱۱]. شبیه‌سازی فرآیند با اسپن هایسیس کاربر را قادر می‌سازد تا رفتار فرآیند را با استفاده از روابط مهندسی مانند موازنه جرم، انرژی، تعادلات فاز، شیمیایی و سینتیک واکنش پیش بینی نماید. در نتیجه، به کمک این نرم‌افزار می‌توان واحدها را بهتر طراحی کرد یا سوددهی واحدهای موجود را افزایش داد. پس از شبیه‌سازی هر واحد می‌توان با تعریف شرایط عملیاتی دستگاه‌ها یا مشخصات فرآیندی جریان‌های ورودی، شرایط جریان‌های خروجی را مطالعه و شرایط بهینه را تعریف کرد. نرم‌افزار اسپن هایسیس تعریف این گونه سناریوهای فرآیندی را مطالعات موردی می‌نامد. این نرم‌افزار نتایج این گونه سناریوها را به صورت جدول شکل، گزارش و فایل‌های PDF در اختیار کاربر قرار می‌دهد.

۴- واحد بازیابی آمونیاک

در واحد بازیابی آمونیاک مجتمع پتروشیمی لردگان (شکل (۲)) طی یک عملیات متوالی جذب (برج ۳۰۰۱-T) و دفع (۳۰۰۲-T) آمونیاک از گازهای زائد یا اصطلاحاً پرچ بوسیله آب بازیابی و از بالای برج ۳۰۰۲-T تولید می‌شود. دو عیب بر واحد مذکور وارد است که عبارتند از:

(۱) بالا بودن فشار عملیاتی در برج ۳۰۰۲-T.

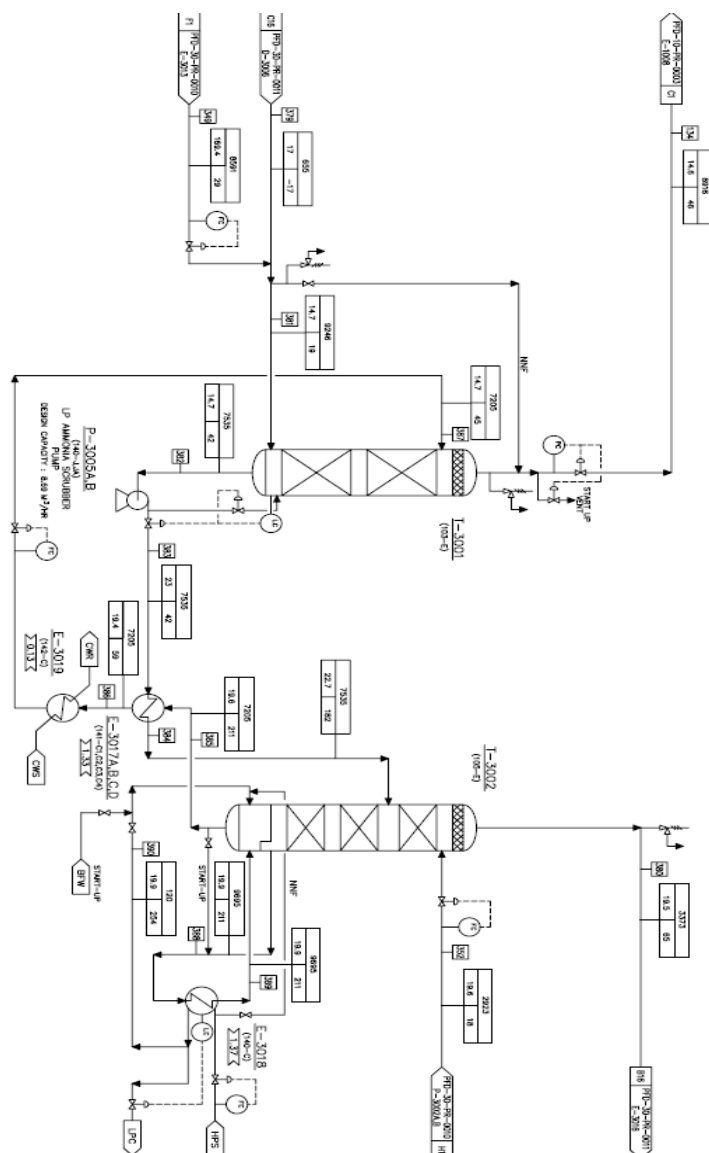
(۲) مصرف قابل توجه بخار فشار بالا بخصوص در ریویلر برج ۳۰۰۲-T.

بالا بودن فشار عملیاتی (۱۹۹۰ کیلوپاسکال) در بخش دفع علاوه بر کاهش راندمان انتقال جرم منجر به مصرف بیشتر بخار در ریویلر برای ایجاد بخار برای تماس جرمی با مایع در پرکن‌های برج ۳۰۰۲-T می‌شود. از طرفی در فشار ریویلر (۱۹۹۰ کیلوپاسکال) محصول تحتانی (حلال بدون آمونیاک) دارای دمائی برابر با ۲۱۱ درجه سانتیگراد است که میزان یوتیلیتی مصرفی برای خنک‌سازی (آب خنک‌سازی) برابر با ۴۳۳۴۸۰ کیلوگرم در روز می‌باشد. در حال حاضر در مجتمع پتروشیمی در واحد ۳۰۰ آمونیاک از مخلوط گازها (هیدروژن، نیتروژن و متان) بوسیله آب جذب می‌شود. با توجه به بالا بودن فشار عملیاتی (۱۹۹۰

¹ Aspen Hysys

کیلوپاسکال) در بخش دفع واحد ۳۰۰ و در برج ۳۰۰۲-T و همینطور کم بون تعداد مراحل تعادلی در برج دفع ۳۰۰۲-T شاهد مشکلات فرآیندی زیر می‌باشیم که اهمیت پرداختن به موضوع را دوچندان می‌نماید.

افزایش فشار باعث کاهش راندمان دفع در برج ۳۰۰۲-T شده و به همین دلیل باید از رفلکس غنی از آمونیاک استفاده شود که از بخش‌های دیگر مجتمع تامین می‌شود. از سوی دیگر، در ریویلر برج ۳۰۰۲-T با توجه به فشار عملیاتی فعلی ۱۹۹۰ کیلوپاسکال، شاهد بالا بودن دمای ریویلر هستیم که نیاز به استفاده از بخار فشار بالا بوده و دبی آن نیز قابل توجه (۲۱۶۱۹۲ کیلوگرم در روز) و به تبع هزینه تامین آن نیز باید در نظر گرفته شود و در نهایت، باعث افزایش مصرف آب خنک سازی در مبدل حرارتی E-۳۰۱۷ می‌شود. در این پروژه بازنگری واحد بازیافت آمونیاک پتروشیمی لردگان با رویکرد بکارگیری افت فشار و انتگراسیون حرارتی بعنوان ابزارهای اساسی در بحث بهینه سازی واحدهای فرآیندی صورت گرفته و با استفاده از شبیه ساز Aspen & HYSYS تاثیر اعمال افت فشار و کندانسور کاملاً برگشتی در بهبود مصرف انرژی در واحد عملیاتی مذکور بررسی و نتایج آن گزارش خواهد شد. از مزایای پروژه می‌توان به کاهش یوتیلیتی، بهبود شرایط عملیاتی، کاهش مصرف انرژی و بهینه سازی شبکه مبدل گرمائی اشاره نمود.



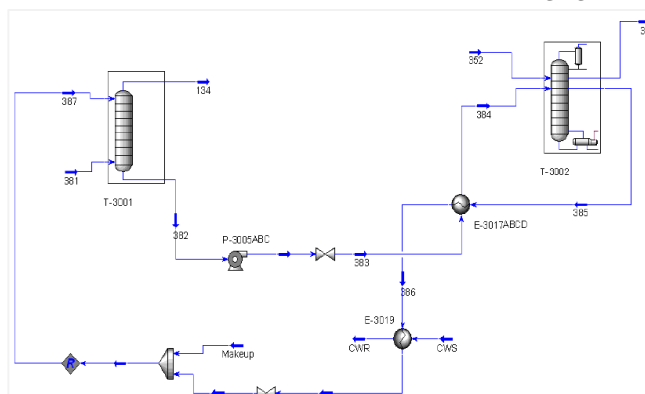
شکل (۲): واحد بازیابی آمونیاک پتروشیمی لردگان

۵- نتایج و بحث

۵-۱- شبیه سازی واحد بازیابی آمونیاک

یکی از اقدامات مهم در بحث شبیه‌سازی انتخاب معادله حالت ترمودینامیکی مطلوب برای تخمین خواص ترمودینامیکی می‌باشد. می‌توان گفت که تمامی نتایج گرفته شده از نرم افزار بوسیله این معادله تخمین و ارائه می‌شوند. در نتیجه انتخاب معادله حالت صحیح می‌تواند اعتبار سنجی شبیه‌سازی را بالا برده و خطای کار را کاهش دهد. هر چه شبیه‌سازی صورت گرفته دارای

خطای کمتری باشد زمینه برای مطالعه هموارتر می‌باشد. شکل (۳) شمایی از شبیه‌سازی واحد بازیابی آمونیاک پتروشیمی لردگان با نرم افزار Aspen Hysys را نشان می‌دهد.



شکل (۳): شمایی از شبیه‌سازی واحد بازیابی آمونیاک پتروشیمی لردگان با نرم افزار Aspen Hysys
نتایج شبیه‌سازی مبدل‌های حرارتی در جدول (۱) آورده شده است.

جدول (۱): نتایج شبیه‌سازی مبدل‌های حرارتی

مبدل حرارتی ۳۰۱۹	مبدل حرارتی ۳۰۱۸	مبدل حرارتی ۳۰۱۷	پارامترهای مورد نظر
۲۱۱	۶۳	۲۱۱	دمای ورودی به لوله (°C)
۲۱۲	۴۵	۶۳	دمای خروجی از لوله (°C)
۲۵۵	۳۰	۴۲	دمای ورودی به پوسته (°C)
۲۵۵	۳۷	۱۸۱	دمای خروجی از پوسته (°C)
۱۴۹۰	۱۵۲	۱۳۲۶/۳۴	انتقال حرارت (KW)
۴۴	۱۹	۲۰/۳	LMTD (°C)
۹۰۰۷	۱۸۰۳۱	-	شدت یوتیلیتی (Kg/hr)

۵-۲- بهینه‌سازی براساس روش اول

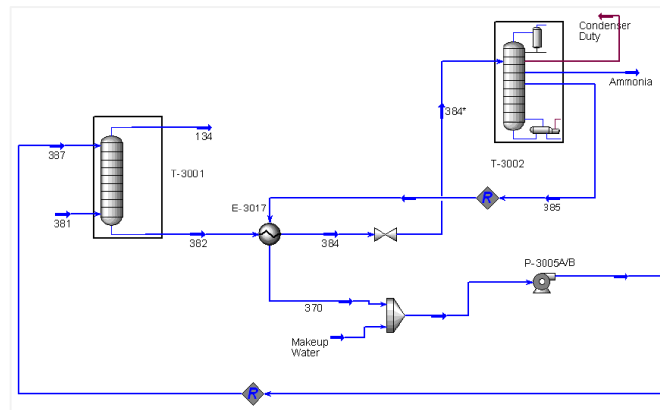
بهینه‌سازی براساس روش اول با اضافه شدن کندانسور به علاوه افت فشار برج دفع صورت می‌پذیرد. در این بخش علاوه بر افت فشار در برج دفع و تاثیر آن بر کاهش یوتیلیتی استفاده از رفلاکس داخلی برای برج دفع پیشنهاد شده می‌شود. منظور از ریفلاکس داخلی این است که برخلاف روند فعلی از آمونیاک خالص برای رفلاکس استفاده نشده و بوسیله کندانسور تمام برگشتی میزان بهینه از رفلاکس از بخار بالاسری مجدداً وارد برج T-۳۰۰۲ گردد. با کاهش فشار در برج دفع می‌توان در ریویلر دمای کمتری برای پسماند متصور شد که منجر به تغییر شرایط سیال گرم کننده در ریویلر خواهد شد. در نتیجه افت فشار دمای پسماند افت قابل توجهی خواهد داشت و پس از تبادل جریان پسماند در مبدل گرمائی پیش از برج T-۳۰۰۲ می‌توان به دمای پایینی برای حلال در گردش دست یافت که در نهایت منجر به حذف کولر خنک کننده حلال (و سیال خنک کننده خواهد شد. مزایای این روش عبارت است از:

(۱) عدم نیاز به وجود کولر E-۳۰۱۹ خنک‌سازی حلال بدلیل بهبود انتقال حرارت در مبدل حرارتی پیش از برج T-۳۰۰۲.

(۲) جایگزینی فشار بخار پایین بجای بخار فشار بالا در ریویلر بدلیل کاهش دما در ریویلر.

(۳) کاهش دبی بخار تزریقی به ریویلر برج دفع.

با توجه به حذف کولر خنک کننده حلال (E-۳۰۱۹) و اضافه شدن کندانسور به برج T-۳۰۰۲ و کاهش هزینه‌ها و از طرف دیگر کاهش قابل توجه مصرف انرژی در واحد بازیابی آمونیاک می‌توان گفت که این روش از نظر اقتصادی قابل توجیه است و مورد نیاز در کندانسور نیز می‌تواند بخشی از آمونیاک با دمای پایین که در واحد نیز کاملاً در دسترس است باشد. نتایج بهینه سازی با استفاده از نرم افزار شبیه سازی در شکل (۴) و در جدول (۲) آورده شده است.



شکل (۴): شبیه‌سازی روش اول بهینه‌سازی واحد بازیابی آمونیاک

نتایج شبیه‌سازی مبدل‌های حرارتی واحد بهینه‌سازی شده در جدول (۲) آورده شده است.

جدول (۲): نتایج شبیه‌سازی مبدل‌های حرارتی واحد بهینه‌سازی شده

پارامترهای مورد نظر	مبدل حرارتی ۳۰۱۷	کندانسور	مبدل حرارتی ۳۰۱۹
دمای ورودی به لوله (°C)	۴۲	۹۰/۲۵	۱۲۷
دمای خروجی از لوله (°C)	۱۰۸	۶/۸۲	۱۲۷/۵
دمای ورودی به پوسته (°C)	۱۲۷	-۹	۱۶۴
دمای خروجی از پوسته (°C)	۵۷	-۹	۱۶۴
انتقال حرارت (KW)	۵۹۵	۴۲۹/۵	۷۵۸
LMTD (°C)	۱۳/۴۵	۴۵/۵	۳۷/۱
شدت یوتیلیتی (Kg/hr)	-	۱۱۹۲ (آمونیاک سرد)	۹۰۰۷

نقطه مشترک این روش با حالت قبل در افت فشار اعمال شده در بخش دفع می‌باشد ولی برخلاف روند فعلی در روش دوم از بخار مستقیم برای دفع آمونیاک از آب استفاده خواهد شد. با توجه به اینکه استفاده از بخار مستقیم می‌تواند منجر به اتلاف حجم بالایی از آب و کاهش خلوص آمونیاک تولیدی گردد لذا از چگالنده برای افزایش خلوص آمونیاک و بازیابی آب از بالای برج دفع T-۳۰۰۲ استفاده می‌شود. در جدول (۳) مقایسه صورت گرفته برای روند فعلی و بهینه‌سازی روش اول آورده شده است.

جدول (۳): مقایسه کلی فرآیند فعلی و بهینه‌سازی روش اول

پارامترهای مورد نظر	روند فعلی	بهینه‌سازی شده
دمای جریان ۱۳۴ (°C)	۴۶	۵۴
دمای جریان ۳۸۵ (°C)	۲۱۱	۱۲۷
دمای جریان ۳۸۴ (°C)	۱۸۲	۱۰۸
دمای جریان ۳۸۲ (°C)	۴۲	۴۲
دمای جریان ۳۸۷ (°C)	۴۵	۵۷
دمای جریان ۳۸۸ (°C)	۲۱۱	۱۲۷
دمای جریان ۳۸۹ (°C)	۲۱۱	۱۲۸
دمای جریان آمونیاک (°C)	۶۵	۷
دبی رفلاکس (Kg/hr)	۳۹۲۳	۶۹۰
شکل بخار مصرفی در ریویلر	فشار بالا	فشار پایین
دبی بخار مصرفی (Kg/hr)	۹۰۰۸	۱۸۱۰
انتقال حرارت در مبدل ۳۰۱۷ (KW)	۱۳۲۶	۵۹۸
بار حرارتی ریویلر ۳۰۱۸ (KW)	۱۴۸۹	۷۸۶
غلظت آمونیاک در جریان ۱۳۴	۰/۰۰۳	۰/۰۰۱۶
غلظت آمونیاک در جریان ۳۸۵	۰/۰۰۶	۰/۰۰۱۷
غلظت آمونیاک در جریان ۳۸۲	۰/۰۶۲۵	۰/۰۶۱۵

۱۷۵۶۳	۱۸۰۲۱	آب مصرفی خنک کننده (Kg/hr)
۳۸۶	۴۰۰	دبی جریان ۳۸۵ (Kg/hr)
۴۱۱	۴۲۰	دبی جریان ۳۸۴ (Kg/hr)
۸۱۵۹	۹۸۹۵	دبی جریان ۳۸۸ (Kg/hr)
۸۳۰	۸۲۶	دبی جریان ۱۳۴ (Kg/hr)
۲۴۰	۱۹۵۰	فشار بالای برج ۳۰۰۲ (KPa)
۲۵۰	۱۹۶۰	فشار پایین برج ۳۰۰۲ (KPa)
۱۴۶۰	۱۴۶۰	فشار بالای برج ۳۰۰۱ (KPa)
۱۴۷۰	۱۴۷۰	فشار پایین برج ۳۰۰۱ (KPa)

مهم‌ترین نکته در طراحی برج T-۳۰۰۲ شامل طراحی کندانسور و تماس دهنده^۱ گاز مایع می‌باشد. جهت طراحی تماس دهنده در ابتدای شبیه‌سازی تعداد مراحل به گونه‌ای در نظر گرفته شد که میزان بخار فشار پایین تزریق شده برای دفع و بار حرارتی کندانسور بهینه باشد. برای بدست آوردن تعداد مراحل بهینه از روش حدس و خطا استفاده شد به این ترتیب که با در نظر گرفتن تعداد مراحل بین ۳ الی ۱۰ و محاسبه میزان بخار مصرفی و بار حرارتی برای کندانسور، تعداد بهینه از مراحل ابتدا تعیین گردید (براساس نتایج ارائه شده در جدول (۴) تعداد بهینه مراحل برابر با ۱۰ در نظر گرفته شد) و در ادامه با تعداد مراحل بهینه طراحی تماس دهنده صورت گرفت.

جدول (۴): میزان بخار تزریقی به برج و بار حرارتی کندانسور در مراحل تعادلی مختلف

تعداد مراحل	میزان بارحرارتی کندانسور (KW)	دمای کندانسور (°C)	دبی ریفلاکس (Kmol/hr)	دمای ریویلر (°C)	شدت بخار مصرفی (Kg/hr)
۳	۳۴۷۹	۲۴	۳۰۶	۱۲۷	۶۰۰۰
۴	۲۸۴۶	۶/۵	۲۶۷	۱۲۷/۵	۵۰۰۰
۵	۲۴۰۳	۱۱	۲۲۰/۵	۱۲۷/۴	۴۲۰۰
۶	۲۲۲۳	۱۴	۱۹۷/۵	۱۲۷/۴	۳۹۰۰
۷	۱۹۶۰	۹/۵	۱۷۲/۵	۱۲۷/۴	۳۵۰۰
۸	۱۵۸۵	۵	۱۴۸	۱۲۷/۴	۳۰۰۰
۹	۱۲۷۶	۱۱	۱۱۲/۵	۱۲۷/۴	۲۳۰۰
۱۰	۶۴۸	۲/۵	۶۱	۱۲۷/۳	۱۴۰۰

پس از تعیین تعداد مراحل بهینه نوبت به سینی دار یا پرشده بودن برج T-۳۰۰۲ رسید که برای این منظور با استفاده از ابزار تعبیه شده در نرم افزار مجدداً مانند حالت قبل با انتخاب سینی (غریبالی و دریچه‌ای و کلاهکی) و پرکن و بررسی نتایج شبیه‌سازی در هر حالت اقدام به انتخاب سینی‌دار شدن یا پرشده بودن برج T-۳۰۰۲ براساس باز طراحی شد که نتایج این بررسی نیز در جدول (۵) آورده شده است. لازم به ذکر است که در طول این بررسی دبی بخار مصرفی به برج ثابت در نظر گرفته شده است.

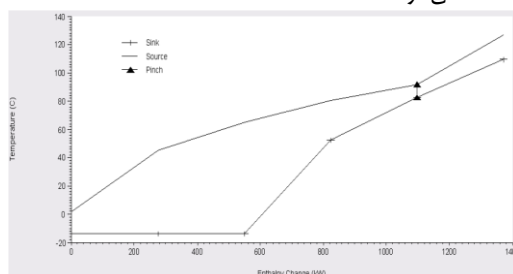
جدول (۵): نتایج مربوط به انتخاب سینی‌دار یا پرشده بودن برج T-۳۰۰۲

پارامتر مورد نظر	سینی دریچه‌ای	سینی غریبالی	سینی کلاهکی	آکنه
دمای ریویلر (°C)	-	۱۲۴	-	۱۲۷
دمای کندانسور (°C)	۱۱/۵	۱۲/۲	۱۱	۲/۵
غلظت آمونیاک در کندانسور	۰/۰۰۱۵۲	۰/۰۰۱۷	۰/۰۰۱۴۲	۰/۰۰۰۳۱
دبی ریفلاکس (Kmol/hr)	۶۲	۶۲/۵	۶۲/۱	۶۰/۸
میزان بارحرارتی کندانسور (KW)	۶۸۲	۶۸۵/۵	۶۸۰	۶۵۰
قطر برج (متر)	۰/۶۱	۰/۶۱	۰/۶۱	۰/۶۱

با توجه به جدول (۵) تغییرات در حالتیکه از سینی برای ایجاد سطح تماس انتقال جرم استفاده شود تقریباً در هر سه نوع مرسوم از سینی‌ها برابر است ولی در حالتی که از برج پرشده استفاده شود تغییرات محسوس‌تر و بهتر می‌باشند لذا سینی از نوع پرشده با ۱۰ مرحله تعادلی در نظر گرفته شد. در نهایت ساینزینگ برج با شرایط گفته شده با نرم‌افزار صورت گرفت که نتایج آن در شکل (۵) نشان داده شده است.

۵-۳- بررسی منحنی پینچ در روند فعلی و باز طراحی

تکنولوژی پینچ، مجموعه‌ای از روش‌های ترمودینامیکی است که برای اهداف مختلفی از جمله تحلیل شبکه مبدل‌های حرارتی مورد استفاده قرار می‌گیرد. تحلیل پینچ جهت تعیین هزینه شبکه مبدل‌های حرارتی و انرژی مورد نیاز و نیز تشخیص نقطه پینچ به کار می‌رود. همانطور که در ابتدای این بخش گفته شد منحنی پینچ دارای تقاطعی است که به آنها نقطه گره یا پینچ می‌گویند. یکی از روش‌های بهینه‌سازی انرژی یک فرآیند حرکت این گره‌ها با تغییر در شرایط دمائی فرآیند می‌باشد. در روند فعلی (شکل (۵)) در بالای نقطه گره میزان مصرف یوتیلیتی گرم (بخار فشار بالا بسیار قابل توجه می‌باشد. با توجه به این شکل می‌توان گفت در صورتیکه نقطه گره بطرف بخش گرم حرکت داده شود می‌تواند تاثیر خوبی بر بازیابی انرژی داشته باشد. در باز طراحی صورت گرفته علاوه بر اعمال افت فشار در بخش دفع که نتایج آن هم در جداول گزارش گردیده انتگراسیون نیز صورت گرفت، به این ترتیب که گاز پرج با دمای مطلوب ۱۹ درجه سانتی‌گراد بعنوان سیال خنک کننده برای خنک سازی حلال در گردش مورد استفاده قرار گرفت که منجر به حذف یوتیلیتی سرد به میزان ۱۸۰۲۰ کیلوگرم در ساعت شد. لذا می‌توان گفت که در باز طراحی بوسیله دو حرکت نقطه پینچ در شکل (۳-۴) حرکت داده شده و به حالتی در آمده که در شکل (۵) نشان داده شده است. با توجه به شکل (۵) حرکت نقطه پینچ به سمت بخش گرم و بازیابی حرارت در این منطقه کاملاً فاحش می‌باشد. اورلپ بین منحنی‌های گرم و سرد (شکل (۵)) زیاد است ولی این اورلپ بین منحنی‌ها محصور شده و این بدان معنی است که سیستم هنوز پتانسیل بازیابی حرارت را دارد ولی تقریباً هیچ گونه حرارتی اتلاف نمی‌شود.



شکل (۵): منحنی دما - انتالپی برای باز طراحی واحد بازیابی آمونیاک

بنابراین می‌توان گفت که اولاً ایجاد افت فشار و ثانياً انتگراسیون حرارتی واحد بازیابی آمونیاک را کاملاً از نظر مصرف یوتیلیتی بخصوص در مبدل‌های قبل از برج دفع و خنک کننده حلال خودکفا نموده و با حذف ریویلر از برج دفع و استفاده از بخار فشار پایین مستقیم حجم بالائی از بخار فشار بالا بازیابی می‌شود. بخار فشار پایین مصرفی نیز از بخش تحتانی برج $T=30.2$ در دمای بسیار مطلوبی برای بازیابی تولید می‌شود که در مقایسه با بخار فشار بالا هزینه بسیار ناچیزی برای تبدیل شدن به فاز بخار می‌طلبد. بعبارت دیگر هیچ گونه دور ریز انرژی در واحد بازیابی آمونیاک براساس باز طراحی انجام شده وجود ندارد.

نتیجه‌گیری

نتایج شبیه‌سازی افت فشار بخش دفع واحد فعلی و اضافه شدن کندانسور به برج 30.2 (در این حالت هیدرولیک برج $T=30.2$ ثابت در نظر گرفته شده است) نشان داد که نیازی به وجود کولر $E=30.19$ خنک‌سازی حلال بدلیل بهبود انتقال حرارت در مبدل حرارتی پیش از برج $T=30.2$ و بازیابی 18020 کیلوگرم در ساعت آب خنک‌سازی نیست و جایگزینی فشار بخار پایین بجای بخار فشار بالا در ریویلر بدلیل کاهش دما در ریویلر می‌باشد و همچنین کاهش مصرف و یوتیلیتی در ریویلر برج دفع تا 1802 کیلوگرم در ساعت را در پی دارد. تامین ریفلاکس برج دفع بوسیله استفاده از چگالنده و بهینه‌سازی ریفلاکس تا $39/35$ کیلومول بر ساعت میسر می‌گردد. همچنین اختلالی در برج جذب آمونیاک در برج $T=30.1$ بوجود نمی‌آید.

- باز طراحی واحد بازیابی آمونیاک با در نظر گرفتن افت فشار بخش دفع و استفاده از بخار مستقیم و حذف ریویلر $E=20.18$ نشان داد که وجه تمایز این روش با روش اول در تغییر هیدرولیک برج $T=30.2$ و همچنین بازطراحی مبدل‌های حرارتی (بدلیل استفاده از انتگراسیون حرارتی) بوده و نقطه مشترک هر دو روش اعمال افت فشار و حرکت نقطه پینچ به درجه حرارت‌های بالاتر می‌باشد. براساس طراحی صورت گرفته و بررسی‌های مرحله به مرحله برج $T=30.2$ در طراحی جدید شامل ۱۰ مرحله تعادلی، خوراک در مرحله ۳ وارد شده است.

- نتایج باز طراحی صورت گرفته نشان داد که: الف) بازیابی ۱۰۰ درصدی آب خنک سازی با استفاده از انتگراسیون فرآیندی صورت گرفت. ب) عدم نیاز به بخار فشار بالا و بازیابی تمام بخار مصرفی در روند فعلی. ج) حذف ریویلر از سیستم و استفاده از بخار فشار پائین بصورت مستقیم و تعیین دبی بهینه آن برابر با ۱۵۰۰ کیلوگرم بر ساعت. د) عدم دور ریز انرژی در واحد

براساس تحلیل صورت گرفته برای منحنی‌های ترکیبی باز طراحی صورت گرفته به مراتب از فرآیند فعلی و همچنین از روش اول بهینه‌سازی مؤثرتر بوده و می‌تواند بعنوان یک مدل بهینه با اهداف مشخص مورد استفاده قرار گیرد.

منابع

- فتحی کلجاهی، ج، صالحی، ب. ۱۳۸۴. طراحی برج جذب آمونیاک از جریان‌های purge واحد آمونیاک پتروشیمی رازی، دهمین کنگره ملی مهندسی شیمی ایران.
- Stamicarbon staff, “Stamicarbon Dioxide Stripping Urea Process In Hand Book of Chemical Production Processes”, Meters, R. A., Ed , Mc Graw Hill, New York , Section 3.11 (1986)
 - Frejacques, M., Theoretical Basis of The Industrial Synthesis of Urea, Chem. Ind, 60(1), p.22 (2000)
 - Othmer, K., “Encyclopedia of Chemical Technology”, John Wiely & S, New York, Second Edithion, Vol. 21, pp.43-44 (2009)
 - Kawasumi, S., Equilibrium of The CO₂-NH₃-Urea-H₂O System Under High Pressure and Temperature, III, Chem. Soc., JPA, 25(4), p.218 (1953 a)
 - Kawasumi, S, Equilibrium of The CO₂-NH₃-Urea-H₂O System Under High Pressure and Temperature and Vapor Composition, Bull. Chem. Soc., JPA, 25(4), p.222 (2000 b)
 - Jmavrovic, I., Find Equilibrium Urea Yield, Hydrocarbon Process, 23, p.161 (1971)
 - Kotula, E., A Vapor Liquid Equilibrium Model at The NH₃-CO₂-H₂O-Urea System at Elevated Pressure, J.Chem.Technol. Biothechnol, 31, p.103 (1981.)
 - Inoue, S., Equilibrium of Urea Synthesis, Bull.Chem.Soc, Jpn, 45(5), p.1339 (1972)
 - Kucheryavyi, V., Kinetic Equation for Urea Synthesis From Ammonia and Carbon Dioxide in a Flow Column Under Pressure, Zh.Prikl .khim, 43(9), p.2120 (1997)
 - Hatch, T.F. and Pigford, R.L, Simultaneous Absorption of Carbon Dioxide and Amonia in Water, Ind.Eng.Chem.Fundam, 1(3), p.209 (1962)

شناسایی و رتبه بندی عوامل موثر بر کاهش خطرات پسماندهای عفونی و آزمایشگاهی از نظر مدیریتی و ایمنی در بیمارستان شهید رجایی گچساران

تاریخ دریافت: ۹۹/۰۶/۳۱

تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۸/۰۱

کد مقاله: ۴۱۷۱۷

سلمان کامران^۱، سعید دلاوری^۲

چکیده

پسماندهای بیمارستانی شامل پسماندهای عفونی، پسماندهای پاتولوژیک، اجسام تیز و برنده، پسماندهای دارویی و امثال آن، پسماندهای خطرناک هستند و از بین بردن آنها یکی از معضلات نگران کننده و مهمی است که توجه ویژه برنامه ریزان و مدیران بیمارستان ها را می طلبد. در آزمایشگاه انواع پسماندهای عادی، پسماندهای عفونی، شیمیایی، تیز و برنده، پرتوزا و ترکیبی (ترکیبی از مواد شیمیایی، رادیواکتیو و یا عوامل عفونی) و غیره تولید می شود. به منظور حفظ سلامت افراد، محیط زیست و جلوگیری از اثرات سوء پسماندها، مدیریت ایمن و صحیح آنها ضروری است. هدف از این پژوهش شناسایی و رتبه بندی عوامل موثر بر کاهش خطرات پسماندهای عفونی و آزمایشگاهی از نظر مدیریتی و ایمنی در بیمارستان شهید رجایی گچساران می باشد. با مطالعه دقیق در بیمارستان شهید رجایی شهرستان گچساران مشخص گردید که جامعه آماری تعداد ۵۷۱ نفر است. با توجه به جامعه آماری این پژوهش تعداد ۲۳۰ نفر با توجه به فرمول کوکران به عنوان حجم نمونه تعیین گردیده است و در بازه زمانی سال ۹۸-۹۷ اقدام به جمع آوری نظرات این افراد گردیده است. با استفاده از پرسشنامه اطلاعات لازم جمع آوری و روایی و پایایی آن مورد سنجش قرار گرفته و با استفاده از معادلات ساختاری و نرم افزار اس.پی.اس. و لیزرل مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. یافته ها حاکی از آن است که، مولفه اجرای استانداردهای ایمنی و رفع کمبودها از بعد ایمنی، رتبه اول را داراست و نیز مولفه التزام در دفع مناسب پسماند مطابق دستورالعمل از بعد مدیریتی، رتبه اول را در خصوص کاهش خطرات پسماندهای عفونی و آزمایشگاهی در بیمارستان شهید رجایی گچساران را به خود اختصاص داده است و مولفه های دیگر در رتبه بعدی جای دارند.

واژگان کلیدی: خطرات پسماند، مدیریتی و ایمنی، بیمارستان شهید رجایی گچساران

۱- گروه مهندسی شیمی، واحد گچساران، دانشگاه آزاد اسلامی، گچساران، ایران

۲- گروه مهندسی شیمی، واحد گچساران، دانشگاه آزاد اسلامی، گچساران، ایران

در زندگی روزمره بشر مواد مختلفی ناشی از فعالیت های مختلف انسان به وجود می آید که نمی توان آنها را مصرف کرد به این مواد زائد پسماند یا زباله می گویند، این مواد زائد ممکن است مایع یا جامد باشد و به طور مستقیم یا غیرمستقیم از فعالیت انسان حاصل شده باشند، اما تمام زباله ها مواد زائد دائمی نیستند و این مصرف کننده ها هستند که با استفاده غلط آن را به مواد زائد دائمی تبدیل می کنند [۱]. صرف نظر از جمع آوری پسماندها در داخل شهرها که نسبتاً مطلوب انجام می شود در بیشتر موارد دفع آنها با مشکل مواجه بوده و پسماندها معمولاً به صورت غیربهداشتی دفن می شوند. پسماندهای بیمارستانی نیز در بسیاری از موارد همراه با سایر پسماندها دفن شده و یا در مناطق مختلف پراکنده می شوند که از این طریق بسیاری از منابع آب سطحی و زیرزمینی آلوده شده و سلامت محیط زیست و انسان ها به خطر می افتد [۲]. طبق قانون مدیریت پسماندها، پسماندهای بیمارستانی به کلیه پسماندهای عفونی و زیان آور ناشی از بیمارستان ها، مراکز بهداشتی درمانی، آزمایشگاه های تشخیص طبی، و سایر مراکز مشابه گفته می شود که به دلیل بالا بودن حداقل یکی از خواص خطرناک از قبیل سمیت، بیماری زایی، قابلیت انفجار یا اشتعال، خوردگی و مشابه آن که به مراقبت ویژه (مدیریت خاص) نیاز دارند. پسماند پزشکی به چهار دسته اصلی از جمله پسماند عفونی، پسماند تیز و برنده، پسماند شیمیایی و دارویی و پسماند عادی تقسیم می شوند [۳]. پسماندهای بیمارستانی به دلیل خطرناک بودن آن ها باید به روش های نوین و مخصوص از بین روند، اما در ایران همچنان شاهد استفاده از روش دفن برای نابودی زباله ها هستیم. این نوع نابودی نه تنها آب های زیر زمین و محیط زیست را آلوده می کند بلکه اگر در جایگاه درست امحا نشود باعث ایجاد بیماری های خطرناک می شوند [۴]. پسماندهای عفونی بهداشتی بیشتر متعلق به مراکز بهداشتی درمانی، مطب ها، آزمایشگاه ها و از همه مهمتر بیمارستان ها هستند. هرچند استفاده از روش زباله سوزی و پلاسما کردن نیز در بسیاری از نقاط جهان منسوخ شده است با این حال در ایران همچنان از جمله روش های اصلی برای امحای این زباله ها به شمار می رود [۵]. محقق از دیدگاه خود بیان مساله را اینگونه بیان می کند که، بحث پسماندهای بیمارستانی سال هاست که دغدغه مردم و مسئولان و البته حامیان محیط زیست است [۶]. قانون مدیریت پسماندهای بیمارستانی سال ۱۳۸۳ به تصویب رسید اما از آن سال تاکنون هیچ تغییر محسوسی در دفع قانونی پسماندهای بیمارستانی صورت نگرفته است. در این بین شهرداری و سازمان محیط زیست همیشه بر سر اینکه کدام یک مسئول دفع این پسماندهاست مناقشه داشته اند [۷]. هر چند همیشه این شهرداری بوده که وظیفه دفع پسماندهای بیمارستانی را به عهده داشته است، روش دفع آن هیچگاه مورد قبول سازمان محیط زیست نبوده است. هنوز هم در اطراف شهر گچساران هستند زمین هایی که برای دفع این پسماندهای آلوده استفاده می شوند. زمین هایی که گاه در نزدیکی محل اقامت حاشیه نشینان شهر است [۸]. اما ماجرا این است که دفع درست و قانونی پسماندهای بیمارستانی هزینه بالایی دارد و شهرداری هم همیشه مدعی است که توان پرداخت این هزینه را ندارد [۹]. درواقع مشکل از جایی شروع می شود که این پسماندها تولید می شوند، یعنی بیمارستان. متأسفانه بیمارستان ها هم در بخش تفکیک این پسماندها با شهرداری همکاری نمی کنند [۱۰]. در بسیاری از بیمارستان ها هنوز هم دفع این پسماندها به صورت سنتی انجام می شود. لذا بیمارستان شهید رجایی شهر گچساران از این مساله مستثنی نیست. بیمارستان شهید رجایی یکی از مراکز درمانی دانشگاه علوم پزشکی استان کهگیلویه و بویراحمد می باشد که دارای ۱۶۳ تخت فعال و ۱۳۶ تخت مصوب و ۵۰ تخت هزینه بر و ۲۳ بخش و واحد (اورژانس سرپایی، اتفاقات، آزمایشگاه، تالاسمی، زنان، اطفال، مراقبت های ویژه نوزادان، زایشگاه، اتاق عمل، داخلی، اعصاب و روان، جراحی عمومی، رادیولوژی، ماموگرافی، سی تی اسکن، سونوگرافی، ام آر آی، بانک خون، دیالیز، مراقبت های ویژه، نوزادان، مراقبت های ویژه جراحی مغز و اعصاب و سی سی یو) می باشد. از مشکلات مهم در خصوص پسماندهای این بیمارستان، وضعیت نامناسب دفع پسماندهای بیمارستانی، تعرفه متفاوت و بیشتر سیستم حمل و دفن این پسماندها با سایر پسماندهای شهری، کم توجهی به جمع آوری، حمل و امحای پسماندهای بیمارستانی براساس استانداردهای نوین جهانی می باشد. لذا هدف اصلی در این پژوهش، شناسایی و رتبه بندی عوامل موثر بر کاهش خطرات پسماندهای عفونی و ایمنی در بیمارستان شهید رجایی گچساران می باشد. این پژوهش با محوریت شناسایی و رتبه بندی عوامل موثر بر کاهش خطرات پسماندهای عفونی و آزمایشگاهی از بعد مدیریتی و ایمنی بیش از پیش در بیمارستان شهید رجایی گچساران حائز اهمیت است.

۲- روش تحقیق

با توجه به اینکه پژوهش حاضر در پی شناسایی و رتبه بندی عوامل موثر بر کاهش خطرات پسماندهای عفونی و آزمایشگاهی از نظر مدیریتی و ایمنی در بیمارستان شهید رجایی گچساران می باشد. لذا این نوع تحقیق از نوع تحقیقات توصیفی-پیمایشی است و از آنجا که داده ها در یک مقطع از زمان و نه به صورت طولی و دلفی جمع آوری شده اند، این تحقیق از نوع تحقیقات پیمایشی - مقطعی می باشد. از حیث هدف، این تحقیق کاربردی است، زیرا به سمت کاربرد عملی دانش هدایت می شود. بعلاوه

پژوهش از نظر مکانی از نوع تحقیقات میدانی است. زیرا داده‌های تحقیق با حضور در جامعه و یا نمونه آماری و با استفاده از ابزار پرسشنامه گردآوری می‌شود.

۳- متغیرهای تحقیق

در تحقیق حاضر ابعاد مدیریتی و ایمنی به عنوان متغیر مستقل بوده و کاهش خطرات پسماندهای عفونی و آزمایشگاهی متغیر وابسته است.

۴- جامعه و نمونه آماری

مجموعه افراد یا اشیا یا دارایی که دارای یک خاصیت مشترک باشند، جامعه آماری و یا به طور خلاصه جامعه نامیده می‌شود. از آنجا که این پژوهش در پی شناسایی عوامل موثر بر کاهش خطرات پسماندهای عفونی و آزمایشگاهی از نظر مدیریتی و ایمنی در بیمارستان شهید رجایی گچساران و رتبه بندی ابعاد و شاخص‌های مربوطه می‌باشد و تمامی آن‌ها در این صفت (کارکنان بیمارستان شهید رجایی شهرستان گچساران) با هم مشترکند، جامعه آماری کارکنان بیمارستان شهید رجایی شهرستان گچساران می‌باشد. البته باید اشاره نمود که در روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی به سبب تخصصی بودن پرسشنامه، تنها از نظرات خبرگان استفاده خواهد شد و از این رو خبرگان بیمارستان شهید رجایی شهرستان گچساران جامعه آماری این تحقیق را شکل می‌دهند.

۴-۱- واحد نمونه گیری

اگر جامعه را به قسمت‌های بسیار کوچکی تقسیم نماییم به طوری که این تقسیمات با یکدیگر هیچ گونه تداخلی نداشته باشند، مجموعه آن‌ها تشکیل جامعه را خواهد داد و هر یک از آن‌ها را واحد تشکیل دهنده جامعه می‌نامیم (خاکی، ۱۳۸۸). جامعه مورد بررسی در این تحقیق، مدیران، کارشناسان و کارکنان بیمارستان شهید رجایی شهرستان گچساران می‌باشند. لذا واحد نمونه گیری از میان این افراد انتخاب گردید. هر کارمند بیمارستان شهید رجایی شهرستان گچساران، فردی است که از در این بیمارستان مشغول بکار بوده و به مسائل بیمارستان آشنایی دارد.

۴-۲- روش نمونه گیری

در این تحقیق با توجه به این که پرسشنامه میان خبرگان توزیع می‌شود، لذا روش نمونه گیری تصادفی ساده میان خبرگان است.

۴-۳- اندازه نمونه

با مطالعه دقیق در بیمارستان شهید رجایی شهرستان گچساران مشخص گردید که جامعه آماری تعداد این افراد ۵۷۱ نفر است. با توجه به جامعه آماری این پژوهش تعداد ۲۳۰ نفر با توجه به فرمول کوکران به عنوان حجم نمونه تعیین گردیده است.

۵- ابزار جمع آوری داده‌ها

در این تحقیق جهت گردآوری داده‌ها از ابزار پرسشنامه استفاده شده و برای بررسی پیشینه تحقیق منابع دست اول و دست دوم مختلفی از قبیل کتاب، اینترنت و مجلات و مقالات مورد استفاده قرار گرفته است. منابع دست اول به منابعی اطلاق می‌شود که در آن‌ها چگونگی وقوع پدیده به وسیله کسی گزارش می‌شود که در آن مشارکت داشته یا شاهد آن بوده است و منابع دست دوم شامل نشریاتی هستند که نویسنده آن‌ها مستقیماً در مشاهده یا تألیف آن‌ها مشارکت نداشته است. از آنجا که در این تحقیق پرسشنامه به عنوان ابزار اصلی جمع آوری داده‌ها می‌باشد، در ادامه به بررسی ابعاد مختلف آن به طور کلی و خصوصاً در این تحقیق خواهیم پرداخت.

۵-۱- پرسشنامه

پرسشنامه محقق ساخته ۲۷ سوالی به کارکنان ارائه و از آن‌ها خواسته شده تا نظر خود را در خصوص هر یک از سوالات با یکی از ۵ گزینه موجود در طیف لیکرت پنج گزینه‌ای (۱= خیلی زیاد، ۲= زیاد، ۳= متوسط، ۴= کم و ۵= خیلی کم) مشخص نمایند. پرسشنامه مورد استفاده در بخش پیوست آورده شده است. پایایی و پرسشنامه نیز مورد بررسی قرار گرفته است که در ادامه به آن پرداخته خواهد شد.

۵-۲- سنجش پایایی پرسشنامه

در این تحقیق جهت سنجش پایایی پرسشنامه از روش آلفای کرونباخ استفاده شده است. روش آلفای کرونباخ برای محاسبه هماهنگی درونی ابزار اندازه گیری از جمله پرسشنامه‌ها یا آزمون‌هایی که خصیصه‌های مختلف را اندازه گیری می‌کند، بکار می‌رود.

برای محاسبه آلفای کرونباخ ابتدا باید واریانس نمره‌های هر زیر مجموعه سوال‌های پرسشنامه (یا زیر آزمون) و واریانس کل را محاسبه کرد. سپس با استفاده از فرمول زیر مقدار ضریب آلفا را محاسبه کرد.

$$r_{\alpha} = \frac{J}{J-1} \left(1 - \frac{\sum S_j^2}{S^2} \right)$$

که در آن:

J = تعداد زیر مجموعه سوال‌های پرسشنامه یا آزمون.

S_j^2 = واریانس زیر آزمون j ام.

S^2 = واریانس کل آزمون (سرمد و همکاران، ۱۳۹۰)

این روش را نیز می‌توان به کمک نرم افزار SPSS اجرا کرد که نرم افزار، خود محاسبات مربوطه را انجام داده و ضریب آلفا را به عنوان خروجی نشان می‌دهد. اگر تمامی مقادیر بدست آمده بالای ۷۰٪ باشد پایایی پرسشنامه مورد تایید قرار می‌گیرد. در فصل چهارم پایایی پرسشنامه مورد استفاده، مورد سنجش واقع می‌شود. با اینکه ابزار مورد استفاده در تحقیق استاندارد بوده و از منابع معتبری استخراج شده است، اما به جهت کسب اطمینان بیشتر و تطابق هرچه بیشتر گویه‌های آن با محیط واقعی، پرسشنامه در اختیار چند تن از اساتید گروه قرار گرفت و از نقطه نظرات آنان در جهت بهبود هرچه بیشتر گزاره‌ها استفاده شد و اقدامات اصلاحی لازم صورت گرفت.

۶- روش‌ها و فنون آماری مورد استفاده در پژوهش

در این پژوهش از روش‌های آمار توصیفی و استنباطی استفاده شده است. کاربرد آمار توصیفی به منظور تفسیر نتایج داده‌های پژوهش بوده است و به منظور آزمون سوالات تحقیق و تعمیم نتایج از روش‌های آمار استنباطی استفاده شده است. در این تحقیق از روش معادلات ساختاری جهت آزمون داده‌ها استفاده خواهد شد و ابزارهای تجزیه و تحلیل اطلاعات نرم افزار SPSS و Lisrel خواهد بود.

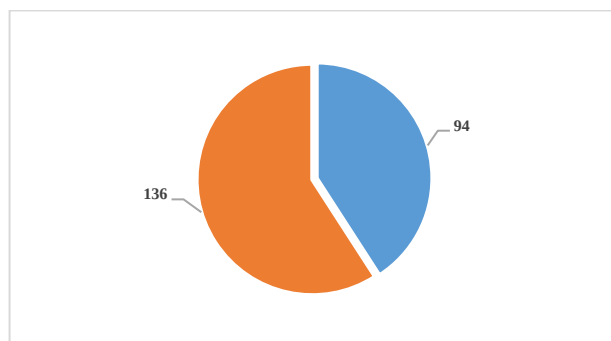
۶-۱- نتایج و بحث

به منظور شناخت بهتر ماهیت جامعه‌ای که در پژوهش مورد مطالعه قرار گرفته است و آشنایی بیشتر با متغیرهای پژوهش، قبل از تجزیه و تحلیل داده‌های آماری، لازم است این داده‌ها توصیف شود. همچنین توصیف آماری داده‌ها، گامی در جهت تشخیص الگوی حاکم بر آن‌ها و پایه‌ای برای تبیین روابط بین متغیرهایی است که در پژوهش به کار می‌رود.

۶-۱-۱- بررسی وضعیت پاسخ دهندگان از لحاظ جنسیت

جدول (۱): توزیع فراوانی جنسیت افراد در نمونه جمع‌آوری شده

جنسیت	فراوانی نسبی	درصد معتبر	درصد تجمعی
زن	۱۳۶	۵۸/۱	۵۸/۱
مرد	۹۴	۴۱/۹	۱۰۰
کل	۲۳۰	۱۰۰	



شکل (۱): وضعیت جنسیت نمونه آماری مورد بررسی

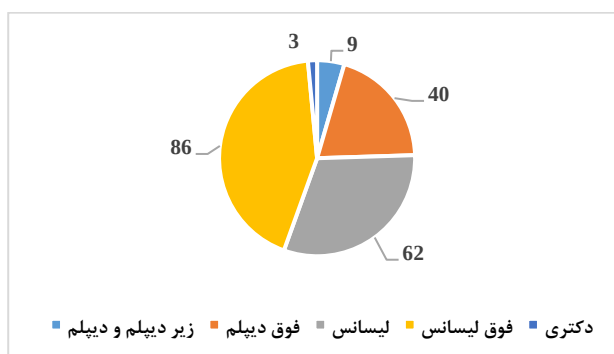
همانطوری که مشاهده می‌شود ۹۴ نفر از نمونه مطالعه حاضر مرد و ۱۳۶ نفر از نمونه‌ها زن می‌باشند. بنابراین بیشترین فراوانی مربوط به نمونه مردان می‌باشند.

۶-۱-۲- بررسی وضعیت پاسخ دهندگان از لحاظ وضعیت تحصیلات

جدول (۲): بررسی وضعیت تحصیلات افراد در نمونه مورد بررسی

تحصیلات	فراوانی	درصد
دیپلم و زیر دیپلم	۱۴	۴٫۶
فوق دیپلم	۴۰	۱۹٫۱
لیسانس	۶۷	۳۰٫۱
فوق لیسانس	۹۶	۴۲٫۳
دکتری	۱۳	۳٫۹
جمع	۲۳۰	۱۰۰

جدول (۲) نشان می دهد که ۴٫۶ درصد از پاسخگویان دیپلم و زیر دیپلم و ۱۹٫۱ درصد فوق دیپلم و ۳۰٫۱ درصد لیسانس و ۴۲٫۳ درصد فوق لیسانس و ۳٫۹ درصد دکتری بوده اند.



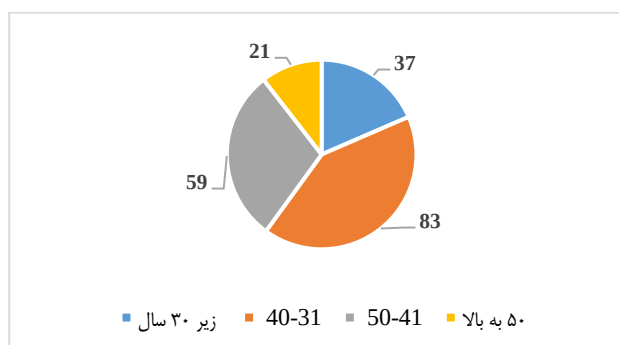
شکل (۲): وضعیت تحصیلاتی نمونه آماری مورد بررسی

همان طور که مشاهده می شود بیشترین دامنه تحصیلات در این مطالعه مربوط به مدرک فوق لیسانس می باشد.

۶-۱-۳- بررسی وضعیت پاسخ دهندگان از لحاظ سن

جدول (۳): توزیع فراوانی سن افراد در نمونه جمع آوری شده

سن	فراوانی نسبی	درصد معتبر	درصد تجمعی
زیر ۳۰ سال	۴۲	۱۸٫۴	۱۸٫۴
۳۰-۴۰	۹۳	۴۱٫۹	۶۰٫۳
۴۰-۵۰	۶۹	۲۹٫۴	۸۹٫۷
۵۰ سال به بالا	۲۶	۱۰٫۳	۱۰۰
کل	۲۳۰	۱۰۰	



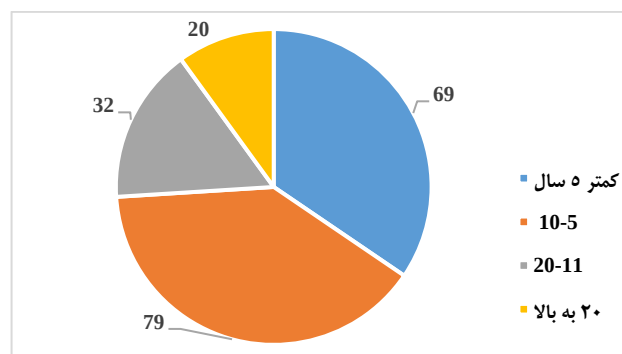
شکل (۳): وضعیت سنی نمونه آماری مورد بررسی

همان طور که مشاهده می شود بنابراین بیشترین دامنه سنی در این مطالعه مربوط به دامنه سنی ۳۰-۴۰ می باشد.

۶-۱-۴- بررسی وضعیت پاسخ دهندگان از لحاظ سابقه خدمت

جدول (۴): بررسی سابقه کاری افراد در نمونه مورد بررسی

سابقه خدمت	فراوانی نسبی	درصد معتبر	درصد تجمعی
کمتر از ۵ سال	۷۹	۳۴٫۸	۳۴٫۸
۵ تا ۱۰ سال	۸۹	۳۹٫۱	۷۳٫۹
۱۱ تا ۲۰ سال	۳۷	۱۶٫۱	۹۰
۲۰ به بالا	۲۵	۱۰	۱۰۰
کل	۲۳۰	۱۰۰	



شکل (۴): وضعیت سابقه کاری نمونه آماری مورد بررسی

همانطوری که مشاهده می‌شود بیشترین فراوانی مربوط به سابقه ۵ تا ۱۰ سال می‌باشند.

۷- تحلیل استنباطی داده‌ها

پیش از انجام آزمون فرضیات باید به آزمون نرمال بودن توزیع داده‌ها پرداخت. این امر کمک می‌کند که محقق بتواند آزمون آماری مناسب را جهت آزمون فرضیات انتخاب نماید. بدین منظور از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف^۱ جهت تشخیص نوع توزیع داده‌ها استفاده شده است.

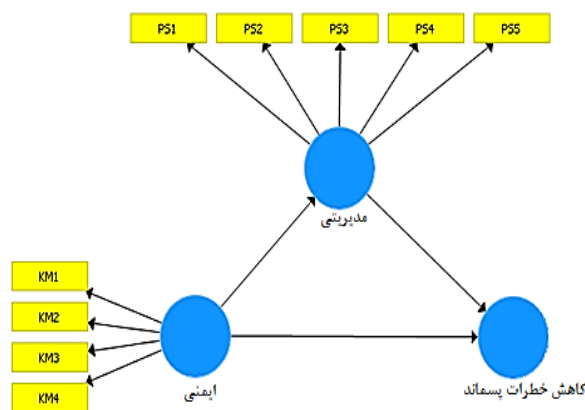
جدول (۵): نتایج آزمون نرمال بودن داده‌ها (کولموگروف - اسمیرنوف)

متغیر	سطح معنی داری	Z آمار	مقدار خطا
ایمنی	۰٫۱۲۲	۰٫۷۴	۰٫۰۵
مدیریتی	۰٫۱۱۶	۰٫۳۲	۰٫۰۵
کاهش خطرات پسماند	۰٫۱۱۸	۰٫۲۸	۰٫۰۵

با توجه به تایید شدن نرمال بودن داده‌ها به منظور انجام آزمون‌های خود از آزمون‌های پارامتری استفاده می‌کنیم.

۸- آزمون مدل مفهومی پژوهش

در این مرحله از تجزیه و تحلیل داده‌ها به آزمون مدل مفهومی پژوهش بر پایه داده‌های گردآوری شده پرداخته می‌شود. در ادامه با توجه به مراحل پیشنهادی در شکل (۵) به آزمون برازش مدل مفهومی پژوهش و سپس آزمون اهداف پژوهشی پرداخته می‌شود. همانگونه که در شکل (۵) مشاهده می‌کنید، مدل مفهومی پژوهش بر شناسایی و رتبه بندی عوامل موثر بر کاهش خطرات پسماندهای عفونی و آزمایشگاهی از نظر مدیریتی و ایمنی تاکید دارد. شکل زیر نحوه ترسیم مدل مفهومی اصلی پژوهش در نرم‌افزار PLS را نشان می‌دهد.



شکل (۵): ترسیم مدل مفهومی اصلی پژوهش در نرم افزار PLS

جدول (۶): مولفه های شناسایی شده

بعد ایمنی		بعد مدیریتی	
KM ₁	بکارگیری پرسنل متخصص در مدیریت پسماند	PS ₁	برگزاری منسجم کلاس های آموزشی
KM ₂	اطلاع رسانی به کارکنان در خصوص عوارض عدم دفع مناسب پسماند	PS ₂	نظارت مستمر بر اجرای قوانین و مقررات
KM ₃	اجرای استانداردهای ایمنی و رفع کمبودها	PS ₃	التزام در دفع مناسب پسماند مطابق دستورالعمل
KM ₄	افزایش سطح ایمنی با بکارگیری فناوری اطلاعات	PS ₄	بازدید دوره ای از وضعیت جایگاه و نگهداری موقت پسماند
		PS ₅	فرهنگ سازی در کاهش تولید پسماند از مبدا

۸-۱- برازش مدل های اندازه گیری

برای بررسی برازش مدل های اندازه گیری در روش PLS همانگونه که در شکل (۵) مشخص شده است از شاخص های پایایی، روایی همگرا و روایی واگرا استفاده می شود. در ادامه به گزارش و تفسیر هر یک از موارد مذکور پس از آزمون مدل مفهومی پژوهش در نرم افزار PLS پرداخته می شود.

۸-۲- پایایی شاخص ها

مقدار پایایی ترکیبی گزارش شده برای هر یک از سازه های پنهان مدل در جدول (۶) گزارش شده است. همانگونه که مشاهده می کنید تمام سازه های مدل از پایایی ترکیبی مناسبی (بالاتر از ۰/۷) برخوردار هستند که بیانگر پایایی قابل قبول برای مدل های اندازه گیری بر پایه یکی دیگر از شاخص های پایایی است.

جدول (۷): پایایی ترکیبی سازه های مدل

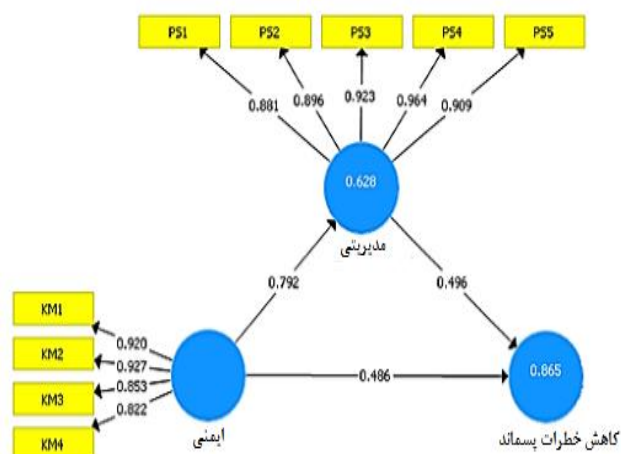
متغیرها	پایایی ترکیبی (CR)
بعد ایمنی	۰/۷۳۲
بعد مدیریتی	۰/۷۴۸
کاهش خطرات پسماند	۰/۷۶۰

پس از اطمینان از پایایی مدل های اندازه گیری نوبت به آزمون روایی مدل های اندازه گیری می رسد که طبق چهارچوب پیشنهادی شکل (۵) اولین مرحله بررسی روایی همگرا مدل های اندازه گیری است.

۸-۳- روایی همگرا مدل های اندازه گیری

روایی همگرا دومین معیاری است که برای برازش مدل های اندازه گیری در روش PLS به کار برده می شود. برای بررسی روایی همگرای مدل های اندازه گیری از ضرایب بارهای عاملی و ضرایب AVE استفاده می شود که در ادامه هر یک از موارد برای مدل مفهومی پژوهش گزارش و تفسیر می شوند. برخی از پژوهشگران از جمله ریوارد و هاف^۱ (۱۹۸۸) عدد ۰/۵ را به عنوان مقدار ملاک بارهای عاملی ذکر نموده اند. مقادیر بارهای عاملی که برای سنجش های هر یک از سازه های پنهان مدل توسط نرم افزار

PLS گزارش شده است در شکل (۶) مشخص شده است. همانگونه که مشاهده می‌کنید تمام بارهای عاملی از حد قابل قبول بیشتر هستند.



شکل (۶): بارهای عاملی برآورد شده در مدل مفهومی پژوهش

فورنل و لارکر (۱۹۸۱) معیار AVE را برای سنجش روایی همگرا معرفی کرده و اظهار داشتند که مقدار AVE بالاتر از ۰/۵ بیانگر روایی همگرای قابل قبول برای مدل‌های اندازه‌گیری است. جدول (۸) مقدار AVE گزارش شده برای هر یک از سازه‌های مدل را نشان می‌دهد.

جدول (۸): مقدار AVE برای سازه‌های مدل

متغیرها	شاخص AVE
بعد ایمنی	۰/۷۷۷
بعد مدیریتی	۰/۷۳۷
کاهش خطرات پسماند	۰/۷۶۴

اطلاعات گزارش شده در جدول بالا نشان می‌دهند که مقدار AVE برای تمام سازه‌های مدل از مقدار ۰/۵ بیشتر است که روایی همگرای مناسبی را برای مدل‌های اندازه‌گیری نشان می‌دهد.

۸-۴- روایی واگرا مدل‌های اندازه‌گیری

در نهایت روایی واگرا سومین معیار سنجش برازش مدل‌های اندازه‌گیری در روش PLS است. روایی واگرا بر همبستگی پایین سنجه‌های یک متغیر پنهان با یک متغیر غیر مرتبط با آن (از نظر پژوهشگر) اشاره دارد. روایی واگرا در روش PLS از دو طریق سنجیده می‌شود. یکی روش بارهای عاملی متقابل است که میزان همبستگی بین شاخص‌های یک سازه را با همبستگی آن‌ها با سازه‌های دیگر مقایسه می‌کند و روش دیگر معیار پیشنهادی فورنل و لارکر^۱ است که در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفته است. فورنل و لارکر (۱۹۸۱)، بیان کردند روایی واگرا وقتی در سطح قابل قبول است که میزان AVE برای هر سازه بیشتر از واریانس اشتراکی بین آن سازه و سازه‌های دیگر (یعنی مربع مقدار ضرایب همبستگی بین سازه‌ها) در مدل باشد. بر این اساس روایی واگرای قابل قبول یک مدل اندازه‌گیری حاکی از آن است که یک سازه در مدل تعامل بیشتری با شاخص‌های خود دارد تا با سازه‌های دیگر. در روش PLS، این امر به وسیله یک ماتریس صورت می‌گیرد که خانه‌های این ماتریس حاوی مقادیر ضرایب همبستگی بین سازه‌ها و قطر اصلی ماتریس جذر مقادیر AVE مربوط به هر سازه است. جدول (۹) این ماتریس را برای سازه‌های مدل این پژوهش نشان می‌دهد.

جدول (۹): ماتریس سنجش روایی واگرا

سازه‌ها	بعد ایمنی	بعد مدیریتی	کاهش خطرات پسماند
بعد ایمنی	۰/۸۸۲		
بعد مدیریتی	۰/۸۸۲	۰/۹۱۵	
کاهش خطرات پسماند	۰/۸۷۹	۰/۸۸۲	۰/۹۳۰

همانگونه که در جدول بالا مشاهده می‌کنید، جذر AVE که برای هر سازه گزارش شده است (قطر اصلی) از همبستگی آن با سایر سازه‌های مدل بیشتر است که این موضوع بیانگر روایی و اگرایی قابل قبول برای مدل‌های اندازه‌گیری است. پس از اطمینان از برازش مدل‌های اندازه‌گیری از طریق آزمون پایایی، روایی همگرا و روایی و اگرایی آن‌ها نوبت به آزمون برازش مدل ساختاری می‌رسد.

۸-۵- برازش مدل ساختاری

پس از بررسی برازش مدل‌های اندازه‌گیری نوبت به برازش مدل ساختاری پژوهش می‌رسد. همانگونه که قبلاً نیز اشاره شد، بخش ساختاری مدل بر خلاف مدل‌های اندازه‌گیری، به پرسش‌ها و متغیرهای آشکار مدل کاری ندارد و تنها به متغیرهای پنهان و روابط میان آن‌ها توجه می‌کند. در این پژوهش برازش مدل ساختاری با استفاده از معیارهای ضریب تعیین (R^2)، معیار Q^2 ، Redundancy و در نهایت GOF استفاده شده است.

۸-۶- ضریب تعیین

ضریب تعیین (R^2) معیاری است که بیانگر میزان تغییرات هر یک از متغیرهای وابسته مدل است که به وسیله متغیرهای مستقل تبیین می‌شود. گفتمانی است که مقدار R^2 تنها برای متغیرهای درون‌زای مدل ارائه می‌شود و در مورد سازه‌های برون‌زا مقدار آن برابر صفر است. هرچه مقدار R^2 مربوط به سازه‌های درون‌زای مدل بیشتر باشد، نشان از برازش بهتر مدل است. چین (۱۹۹۸) سه مقدار ۰/۱۹، ۰/۳۳ و ۰/۶۷ را به عنوان مقدار ملاک برای مقادیر ضعیف، متوسط و قوی بودن برازش بخش ساختاری مدل به وسیله معیار ضریب تعیین تعریف کرده است. جدول (۴-۹)، مقدار R^2 گزارش شده برای هر یک از متغیرهای درون‌زای مدل مفهومی پژوهش را نشان می‌دهد.

جدول (۱۰): ضریب تعیین گزارش شده برای سازه‌های درون‌زای مدل

متغیرها	شاخص R^2
بعد ایمنی	۰/۶۲۸
بعد مدیریتی	۰/۸۶۵

همانگونه که در جدول (۹) مشاهده می‌کنید، مقدار ضریب تعیین گزارش شده برای متغیرها بیشتر از متوسط شده است.

۸-۷- معیار Q^2

این معیار که توسط استون و گیزر^۱ (۱۹۷۵) معرفی شد، قدرت پیش‌بینی مدل را مشخص می‌کند. به اعتقاد آن‌ها مدل‌هایی که دارای برازش بخش ساختاری قابل قبول هستند، باید قابلیت پیش‌بینی شاخص‌های مربوط به سازه‌های درون‌زای مدل را داشته باشد. در صورتی که مقدار Q^2 در مورد یک سازه درون‌زا صفر و یا کمتر از صفر باشد نشان می‌دهد که روابط بین سازه‌های دیگر مدل و آن سازه درون‌زا به خوبی تبیین نشده است و در نتیجه مدل نیاز به اصلاح دارد. هنسler و همکاران^۲ (۲۰۰۹) در مورد شدت قدرت پیش‌بینی در مورد سازه‌های درون‌زا سه مقدار ۰/۰۲، ۰/۱۵ و ۰/۳۵ را تعیین نموده‌اند. به اعتقاد آن‌ها اگر مقدار Q^2 در مورد یک سازه درون‌زا در محدوده نزدیک به ۰/۰۲ باشد، نشان از آن دارد که مدل قدرت پیش‌بینی ضعیفی دارد.

جدول (۱۱): معیار Q^2 برای سازه‌های درون‌زای مدل

متغیرها	شاخص Q^2
بعد ایمنی	۰/۵۵۷
بعد مدیریتی	۰/۷۰۸

همانگونه که در جدول بالا مشاهده می‌کنید مقدار Q^2 برای هر دو متغیر درون‌زای مدل در سطح قوی قرار دارد که بیانگر برازش مناسب برای مدل ساختاری باشد.

۸-۸- معیار Redundancy

این معیار از حاصلضرب مقادیر اشتراکی^۳ سازه‌ها در مقادیر R^2 مربوط به آن‌ها به دست می‌آید و نشانگر مقدار تغییرپذیری شاخص‌های یک سازه درون‌زا است که از یک یا چند سازه برون‌زا تاثیر می‌پذیرد. برای این معیار حد مجازی تعیین نشده است و مقادیر بالاتر بیانگر برازش مناسب‌تر و بهتر مدل هستند. جدول (۱۱)، مقدار این معیار را برای سازه‌های درون‌زای مدل نشان می‌دهد.

^۱ Stone & Griz

^۲ Hensler Et Al

^۳ Communality

جدول (۱۲): معیار Redundancy برای سازه‌های درون‌زای مدل

متغیرها	شاخص Redundancy
بعد ایمنی	۰/۴۷۸
بعد مدیریتی	۰/۶۹۱

یک معیار مناسب برای سنجش برازش بخش ساختاری مدل‌های معادلات ساختاری در روش PLS، مقدار میانگین Redundancy های مربوط به سازه‌های درون‌زای مدل است. این مقدار که با $\overline{Red}$ نشان داده می‌شود شاخص مناسبی برای برازش مدل ساختاری است و در محاسبه برازش کلی مدل نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد. مقدار $\overline{Red}$ برای مدل پژوهش برابر ۰/۵۸۴ است، که مقدار نسبتاً مناسبی را نشان می‌دهد. تاکنون از سه معیار مختلف برای بررسی برازش مدل ساختاری پژوهش استفاده شد. از دیگر معیارهای برازش مدل‌های ساختاری ضرایب معناداری Z هستند که بر مبنای آن‌ها به آزمون اهداف پژوهش نیز پرداخته می‌شود. در اینجا برای جلوگیری از تکرار ضرایب مسیر و معناداری آن‌ها در بخش مربوط به آزمون اهداف پژوهش مورد بررسی قرار می‌گیرند. در ادامه به عنوان آخرین مرحله در آزمون برازش مدل به بررسی برازش و درستی کلی مدل پرداخته می‌شود.

۸-۹- برازش کلی مدل

مدل کلی شامل هر دو بخش مدل‌های اندازه‌گیری و ساختاری می‌شود و با تایید برازش آن، بررسی برازش در یک مدل کامل می‌شود. همانگونه که پیش‌تر عنوان شد برای بررسی برازش کلی مدل تنها از یک معیار با عنوان GOF استفاده می‌شود. معیار GOF مربوط به برازش کلی مدل‌های معادلات ساختاری است، بدین معنی که پژوهشگر توسط این معیار می‌تواند درستی و برازش کلیت مدل مفهومی پیشنهادی را مورد آزمون قرار دهد. معیار GOF توسط تننه‌هاوس و همکاران^۱ (۲۰۰۴) ابداع گردید و طبق رابطه زیر، محاسبه می‌شود.

$$Gof = \sqrt{\text{Communalities}} \times R^2 \quad (۲)$$

و تنزل و همکاران^۲ (۲۰۰۹)، سه مقدار ۰/۰۱، ۰/۲۵ و ۰/۳۶ را به عنوان مقادیر ضعیف، متوسط و قوی برای Gof معرفی نموده‌اند. جدول (۱۲) مقدار Communality محاسبه شده برای هر یک از سازه‌های درون‌زای مدل را نشان می‌دهد.

جدول (۱۳): معیار Communality برای سازه‌های درون‌زای مدل

متغیرها	شاخص Communality
بعد ایمنی	۰/۵۷۷
بعد مدیریتی	۰/۶۹۷
کاهش خطرات پسماند	۰/۷۶۷

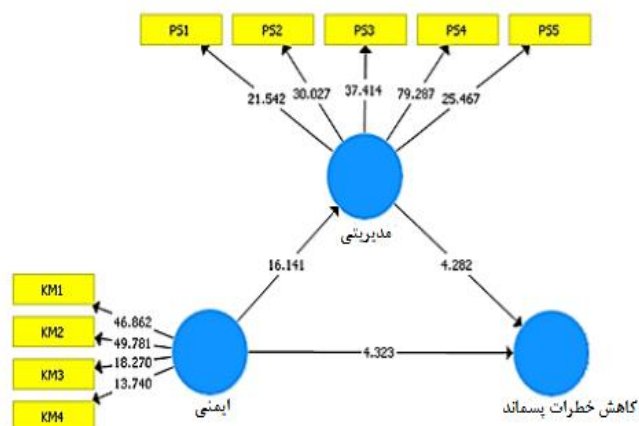
با استفاده از اطلاعات ارائه شده در جدول بالا مقدار Gof برای کل مدل مقدار ۰/۷۰۹ محاسبه شد که بیانگر برازش کلی بسیار قوی برای مدل پژوهش است.

۹- آزمون اهداف پژوهش

پس از اطمینان از برازش مدل‌های اندازه‌گیری، ساختاری و در نهایت برازش کلی مدل می‌توان به آزمون اهداف پژوهش با توجه به ضرایب معناداری Z و ضرایب تاثیر استاندارد برآورد شده پرداخت. بدین منظور ابتدا با توجه به سطح معناداری مشاهده شده برای هر یک از روابط تدوین شده در مدل به آزمون اهداف پژوهش پرداخته می‌شود و سپس روابط غیرمعنادار از مدل حذف می‌شوند تا مدل نهایی پژوهش ارائه شود. ابتدایی‌ترین معیار برای سنجش رابطه بین سازه‌ها در مدل‌های معادلات ساختاری، اعداد معناداری t است. اگر مقدار آماری t خارج بازه (۱/۹۶- تا ۱/۹۶+) قرار گیرد در سطح اطمینان ۹۵٪ معنادار است و اگر مقدار آماری t درون این بازه قرار گیرد، در نتیجه ضریب مسیر برآورد شده معنادار نیست و هدف متناسب با آن رد می‌شود. ضریب تاثیر برآورد شده در سطح اطمینان ۹۹٪ معنادار است اگر مقدار آماری t خارج بازه (۲/۵۸- تا ۲/۵۸+) قرار گیرد. شکل (۷) مدل مفهومی پژوهش را در حالت معناداری ضرایب نشان می‌دهد.

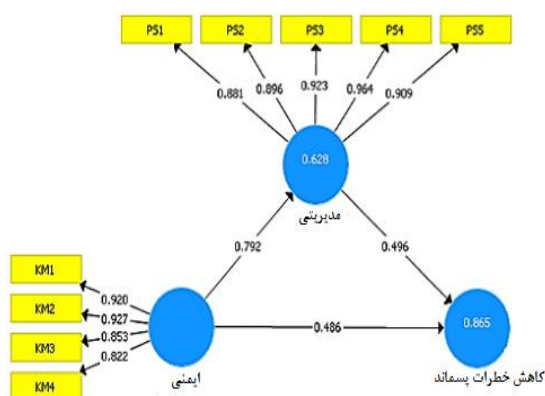
1 Tenenhouse et al.

2 Tezless et al.



شکل (۷): مدل مفهومی پژوهش در حالت معناداری ضرایب

مطابق با اطلاعات ارائه شده در شکل (۷) از روابط تدوین شده در مدل مفهومی پژوهش ۳ رابطه مورد تایید قرار می‌گیرد. زیرا مقدار آماره t که برای این روابط گزارش شده است بیشتر از مقدار بحرانی ۱/۹۶ در سطح اطمینان ۹۵ درصد است. در ادامه با جزئیات بیشتر به آزمون هر یک از اهداف پژوهش پرداخته خواهد شد. شکل (۸) مدل مفهومی پژوهش را در حال تخمین ضرایب استاندارد نشان می‌دهد. در این شکل شدت تاثیرگذاری متغیرها بر یکدیگر مشخص شده است. در درون یک مدل معادلات ساختاری هر اثر مستقیم، رابطه‌ای را میان یک متغیر وابسته و متغیر مستقل، مشخص و بیان می‌کند. اگرچه یک متغیر وابسته در یک اثر مستقیم دیگر می‌تواند متغیر مستقل باشد و برعکس.



شکل (۸): مدل مفهومی پژوهش در حالت تخمین ضرایب استاندارد

جدول (۱۴) ضرایب تاثیر برآورد شده در مدل مفهومی پژوهش را همراه با مقدار معناداری آن‌ها نشان می‌دهد. همچنین با استفاده از اطلاعات ارائه شده در این جدول به آزمون هر یک از اهداف پژوهشی پرداخته شده است.

جدول (۱۴): نتایج نهایی آزمون اهداف پژوهش

آزمون	t-value	ضریب تاثیر	رابطه مورد آزمون
تایید می‌شود	۴/۳۲۳	۰/۴۸۶	۱ بعد ایمنی ← کاهش خطرات پسماند
تایید می‌شود	۱۶/۱۴۱	۰/۷۹۲	۲ بعد ایمنی ← بعد مدیریتی
تایید می‌شود	۴/۲۸۲	۰/۴۹۶	۳ بعد مدیریتی ← کاهش خطرات پسماند

همانگونه که در جدول بالا مشاهده می‌کنید اهداف در سطح اطمینان ۹۵ درصد، با توجه به مقایسه آماره t گزارش شده با مقدار بحرانی ۱/۹۶ مورد تایید قرار گرفته‌اند. (عدد معناداری بزرگتر از ۱/۹۶ شده است).

جدول (۴-۱۵): جدول مولفه های شناسایی شده بعد ایمنی و مدیریتی بر متغیر کاهش خطرات پسماندهای عفونی و آزمایشگاهی در بیمارستان شهید رجایی گچساران

نتیجه	عدد معناداری (t-value)	ضریب (β)	مسیر غیر مستقیم
تأیید مولفه شناسایی شده	۴,۲۳۹	۰,۳۹۳	کاهش خطرات پسماند بعد ایمنی
تأیید مولفه شناسایی شده	۳,۳۰۲	۰,۳۰۴	کاهش خطرات پسماند بکارگیری پرسنل متخصص در مدیریت پسماند
تأیید مولفه شناسایی شده	۴,۴۰۴	۰,۲۸۸	کاهش خطرات پسماند اطلاع رسانی به کارکنان در خصوص عوارض عدم دفع مناسب پسماند
تأیید مولفه شناسایی شده	۵,۵۰۱	۰,۳۹۴	کاهش خطرات پسماند اجرای استانداردهای ایمنی و رفع کمبودها
تأیید مولفه شناسایی شده	۴,۷۲۲	۰,۳۱۲	کاهش خطرات پسماند افزایش سطح ایمنی با بکارگیری فناوری اطلاعات
تأیید مولفه شناسایی شده	۳,۱۴۰	۰,۴۴۱	کاهش خطرات پسماند بعد مدیریتی
تأیید مولفه شناسایی شده	۳,۲۹	۰,۳۳۹	کاهش خطرات پسماند برگزاری منسجم کلاس های آموزشی
تأیید مولفه شناسایی شده	۳,۵۳۳	۰,۲۸۶	کاهش خطرات پسماند نظارت مستمر بر اجرای قوانین و مقررات
تأیید مولفه شناسایی شده	۴,۱۴۰	۰,۴۳۹	کاهش خطرات پسماند التزام در دفع مناسب پسماند مطابق دستورالعمل
تأیید مولفه شناسایی شده	۵,۱۰۱	۰,۳۰۵	کاهش خطرات پسماند بازدید دوره ای از وضعیت جایگاه و نگهداری موقت پسماند
تأیید مولفه شناسایی شده	۴,۰۱۹	۰,۳۵۵	کاهش خطرات پسماند فرهنگ سازی در کاهش تولید پسماند از میدا

با توجه به ضریب تأثیر β و مقدار بحرانی (ضریب t) گزارش شده در جدول (۴-۹) که بزرگتر از ۱/۹۶ می باشد حال با توجه به نتایج بدست آمده می توان نتیجه گرفت که مولفه اجرای استانداردهای ایمنی و رفع کمبودها از بعد ایمنی، رتبه اول را در خصوص کاهش خطرات پسماندهای عفونی و آزمایشگاهی در بیمارستان شهید رجایی گچساران را داراست و مولفه های دیگر در رتبه بعدی جای دارند و نیز مولفه التزام در دفع مناسب پسماند مطابق دستورالعمل از بعد مدیریتی، رتبه اول را در خصوص کاهش خطرات پسماندهای عفونی و آزمایشگاهی در بیمارستان شهید رجایی گچساران را به خود اختصاص داده است و مولفه های دیگر در رتبه بعدی جای دارند.

نتیجه گیری

از نظر جنسیت، بیشترین فراوانی مربوط به بانوان بوده است. مولفه هایی مانند ارتباط دائمی با بیماران، قرار گرفتن در محیط های آلوده و اشعه های درمانی، عوامل بیولوژیک و کار در شیفت شب از عوامل است که همواره پرستاران خصوصاً زنان را با مشکل مواجه نموده است. نحوه کار پرسنل بیمارستانی بویژه بانوان به صورتی است که اغلب بعد از چند سال کار از بیماری های جسمی رنج می برند، شیوع بالای واریس در وریدهای پا به دلیل ایستادن های متداول، ابتلا به پوکی استخوان، خطر سقط جنین در پرسنل زن که مدت زیادی را سرپا می ایستند و همچنین شیوع بیماری های قلبی به دلیل استرس کاری از جمله خطراتی است که باید مدیران و کارشناسان در برنامه ریزی خود بیشتر به آن توجه نمایند.

از نظر تحصیلات، بیشترین فراوانی در نمونه بررسی شده مربوط به افرادی است که دارای مدرک لیسانس و فوق لیسانس هستند. درصد فراوانی این دسته برابر با ۷۲ درصد می باشد. با توجه به این مسأله و مشاهدات صورت گرفته می توان بیان نمود که امروزه اکثر کارکنان این بیمارستان از سطح سواد قابل قبولی برخوردار هستند. با توجه به اینکه اکثر افراد نمونه سنی در بازه سنی ۳۰ تا ۴۰ سال بودند و مد نظر قرار دادن این نکته که امروزه اکثر این افراد یا دانشجو بوده یا دارای مدرک لیسانس هستند لذا می توان نتایج این بخش را تأیید نمود. همچنین امروزه مدیران اکثر مراکز درمانی و بیمارستان ها این امکان را برای کارکنان خود فراهم آورده اند تا در صورت تمایل ادامه تحصیل دهند، وجود دانشگاه های بسیار در شهر گچساران سبب گردیده تا تمایل کارکنان به ادامه تحصیل نیز افزایش یابد.

از لحاظ سن افراد زیر ۳۰ سال و بین ۳۰ تا ۴۰ سال در مجموع حدود ۶۰ درصد از نمونه آماری مورد بررسی را در اختیار دارند، یعنی اکثریت کارکنان این بیمارستان را قشر جوان تشکیل می دهند و حدود دو سوم نمونه آماری را اشغال نموده اند با نگاهی به آمار

پرسنل بیمارستان در خواهیم یافت که امروزه اکثر این پرسنل را جوانان در این طیف سنی تشکیل می‌دهند. شهر گچساران یکی از شهرهایی است که در آن خیل عظیم جوانان تحصیل کرده مترصد ورود به بازار کار هستند و این بیمارستان می‌تواند نقش مهمی در اشتغال مردم این منطقه ایفا نموده و دغدغه خاطر آنان را برطرف نماید. همچنین مدیران بیمارستان باید به این نکته توجه نمایند که سعی نمایند تا حد امکان نیروهای خود را از افراد بومی و جوانان تحصیل کرده همین منطقه انتخاب نمایند تا مشکل بیکاری جوانان برطرف شود. بعلاوه به سبب تخصصی بودن نوع پرسشنامه محقق سعی داشته است تا افرادی را انتخاب نماید که هم از تجربه کافی برخوردار بوده و هم از حوصله کافی برای پاسخگویی به سوالات پرسشنامه برخوردار هستند. نتایج نشان می‌دهد که چیزی بیش از ۷۳ درصد نمونه آماری مورد بررسی از سابقه کاری زیر ۱۰ سال برخوردار باشند، نتایج حاضر با سن نمونه آماری مورد بررسی همخوانی دارد. بیمارستان باید از تجربه افراد با سابقه در کنار شور و اشتیاق جوانان جهت بهبود وضعیت خود استفاده نماید تا افراد کم سابقه بتوانند از تجربه این افراد استفاده نمایند و در صورت بازنشست شدن افراد قدیمی مشکلی در روند کار بیمارستان ایجاد نشود.

با توجه به تجزیه و تحلیل های صورت گرفته یک رابطه مثبت و مستقیمی بین مولفه های بعد ایمنی (بکارگیری پرسنل متخصص در مدیریت پسماند، اطلاع رسانی به کارکنان در خصوص عوارض عدم دفع مناسب پسماند، اجرای استانداردهای ایمنی و رفع کمبودها، افزایش سطح ایمنی با بکارگیری فناوری اطلاعات) و بر کاهش خطرات پسماندهای عفونی و آزمایشگاهی در بیمارستان شهید رجایی گچساران وجود دارد.

منابع

- کاری، م. بررسی رابطه بین متغیرهای فردی و مدیریت پسماندهای بیمارستانی (مطالعه موردی: بیمارستان شریعتی تهران)، تهران: اولین همایش بررسی چالش ها و ارایه راهکارهای نوین مدیریت شهری، سازمان بسیج شهرداری تهران. ۱۳۹۷.
- یالپانیان، ع. اسماعیلی، م. بررسی چالش ها و راهکارهای مدیریتی در حوزه پسماند بیمارستانی در ایران، مشهد: اولین کنفرانس ملی مطالعات و تحقیقات نوین در حوزه علوم زیست محیطی و مدیریتی، موسسه آموزش عالی خردگرایان مطهر. ۱۳۹۷.
- چنگانی خوراسگانی، م. نصرآبادی، ت. بررسی ارتقای دانش پرسنل خدماتی بیمارستان جهت تفکیک پسماندهای بیمارستانی (مورد مطالعه: بیمارستان لاله تهران)، تهران: کنفرانس بین المللی جامعه و محیط زیست، دانشگاه تهران. ۱۳۹۷.
- معظمی، ف. علی زاده، ز. اهمیت مدیریت پسماند پزشکی در محیط زیست، تهران: چهارمین کنفرانس بین المللی برنامه ریزی و مدیریت محیط زیست، دانشکده محیط زیست دانشگاه تهران. ۱۳۹۶.
- لطفی، ع. حسامی، ه. ارزیابی نحوه مدیریت پسماندهای بیمارستانی (مطالعه موردی: شهر اراک)، تهران: چهارمین کنفرانس بین المللی برنامه ریزی و مدیریت محیط زیست، دانشکده محیط زیست دانشگاه تهران. ۱۳۹۶.
- فیضی پور، م. خرم نژادیان، ش. بررسی مدیریت پسماندهای بیمارستانی (مطالعه موردی: بیمارستان امام خمینی شهرستان جیرفت)، اولین همایش بین المللی پژوهش های کاربردی در علوم کشاورزی، منابع طبیعی و محیط زیست، بصورت الکترونیکی، دبیرخانه دائمی کنفرانس. ۱۳۹۶.
- کاظمی، م. نیکورای، م. بررسی مدیریت پسماندهای شهری با تاکید بر پسماندهای بیمارستانی در کلانشهرها (نمونه ی موردی کلانشهر تبریز)، تهران: کنفرانس بین المللی عمران، معماری و شهرسازی ایران معاصر، دانشگاه اسوه - تهران - دانشگاه شهید بهشتی. ۱۳۹۶.
- آقاسی، م. وضعیت بررسی پسماندهای موجود بیمارستانی در شهرستان آمل، شیروان: اولین کنفرانس تخصصی برنامه ریزی و مدیریت محیط زیست پایدار، موسسه پایا شهر. ۱۳۹۶.
- خلیل وند، ف. باباپور، ع. میرزایی نصیرآبادی، ن. مروری بر انواع روشهای نوین و موثر مدیریت مواد زاید بیمارستانی، رشت: کنفرانس بین المللی عمران، معماری، مدیریت شهری و محیط زیست در هزاره سوم، شرکت پیشگامان پژوهش های نوین. ۱۳۹۵.
- M. Nellesa, b. J. Grünesa, G. Morschecka, Waste Management in Germany Development to a Sustainable Circular Economy?, Procedia Environmental Sciences, 2016 jun, Vol. 24 Issue: 1, pp.74-87.

الگوریتم هش MD-Caspian (بهینه شده MD5)

تاریخ دریافت: ۹۹/۰۶/۲۳

تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۷/۳۰

کد مقاله: ۹۹۸۰۱

تورج استواری^۱

چکیده

در این مقاله سعی شده با روش‌های ساده و گیت N A N D یک تابع یک‌طرفه که امن و مشکلاتی همچون تصادم (Collision) که در MD5 مشاهده شده بود رفع گردد. همچنین از الگوریتم B E L که نوعی P R N G اما مناسب اعمال رمزنگاریست استفاده شده و میشود گفت C S P R N G هم تلقی میگردد استفاده گردیده و اعمال بیتی همراه گیت‌های X O R , N A N D صورت پذیرفته. از عیوبی که این الگوریتم دارد می‌توان به سرعت نسبتاً کمتر آن نسبت به MD5 است. در متن مقاله شبهه کد نوشته شده جهت پیاده سازی نرم افزاری و کارآمد بودن فهم متن مقاله استفاده شده است.

واژگان کلیدی: MD5, One Way Functions, Hash

۱- کارشناسی مهندسی نرم افزار دانشگاه فنی و حرفه ای شماره یک، تبریز، ایران، Toraj.ostovari@gmail.com

۱- مقدمه

امروزه مبحث عدم تصادم در توابع چکیده ساز یک بحث اصلی در جهان تکنولوژی می باشد. یعنی با تولید روزافزون داده ها می بایست نتایج توابع چکیده ساز بهتر و بدون تصادم باشند. در این مقاله با استفاده از روش خط لوله فشرده ساز Merkle-Damgård بهره برداری شده است که به نوعی الگوریتم حاضر از MD5 الهام گرفته شده است. ما در این مقاله به نتایج تصادم توسط MD5 که تولید می شود نیز اشاره خواهیم کرد و لینک دانلود فایل ها نیز در اختیار خوانندگان قرار خواهد گرفت. همچنین در این مقاله از الگوریتم BEL و گیت های NAND که به برگشت ناپذیر بودن الگوریتم کمک خواهند کرد و طول رشته خروجی این الگوریتم با طول رشته خروجی MD5 یکسان می باشد، شبیه سازی نتایجی که صورت گرفته به صورت واقعی و دور از هرگونه اثبات ریاضی می باشد هرچند مثال های و مقایسه های زده شده در این روش اندک هستند امید است این تابع در آینده نیز کاربرد وسیعی داشته باشد. در آزمایش های صورت گرفته هیچ گونه حمله ای مبنی بر تصادم رخ نداده و همچنین این الگوریتم از چند لایه امنیتی و ۸۰ دور رمزنگاری تشکیل شده که کار را سخت یا نا ممکن میکند برای شخص مهاجم.

۲- پیاده سازی

در الگوریتم حاضر ابتدا یک متغیر به نام Shift وجود دارد که مقدر پیش فرض اش برابر ۱ است که این مقدار در هربار فراخوانی مقادیر ورودی کاربر افزایش یافته و ما بین ۱ - ۲۰ متغیر می باشد هر گاه به مقدار ۲۰ برسد به عدد ۱ گرد می شود. داده های ورودی کاربر به صورت بیتی در ۴ بلوک که هر یک ۱۲۸ بیت بلوک هستند اعمال می شود که مقدار پیش فرض شان ۱ یا True هست یعنی الگوریتم حاضر ۵۱۲ بیت ورودی و ۱۲۸ بیت خروجی تولید میکند. الگوریتم حاضر ۱۶۰۰ دور فراخوانی داده ورودی کاربر انجام می دهد که هرگاه به بلوک D میرسد یک دور شناخته می شود (اگر ورودی کاربر کوچک یا بزرگتر از ۱۶۰۰ دور باشد سریعاً عمل فراخوانی ورودی کاربر توسط الگوریتم متوقف می شود به مرحله بعد ورود میکند). شبه کد مربوطه می توانید در زیر مشاهده کنید:

```
Shift <- 1
BitArray A = new BitArray(128, true);
BitArray B = new BitArray(128, true);
BitArray C = new BitArray(128, true);
BitArray D = new BitArray(128, true);
if (++shift == 20) shift = 1;
    برای ذخیره داده ها در حین رمزنگاری به ۴ بلوک دیگر که مکمل بلوک های ذکر شده می باشند و به ترتیب A_ و B_ و C_ و D_ نام دارند که هریک ۱۲۸ بیت طول و مقدار پیش فرض شان ۰ یا همان False است. شبه کد مربوطه:
BitArray A_ = new BitArray(128, false);
BitArray B_ = new BitArray(128, false);
BitArray C_ = new BitArray(128, false);
BitArray D_ = new BitArray(128, false);
```

۲-۱- مرحله رمزنگاری

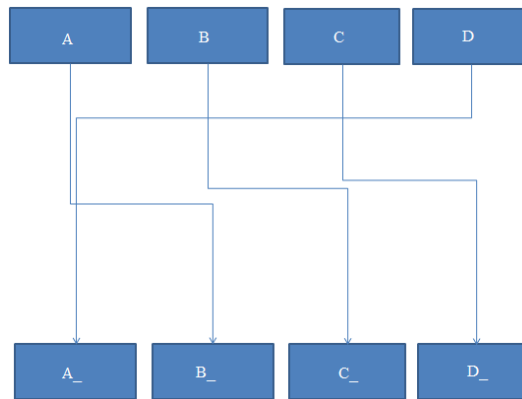
در این مرحله بلوک A_ در دو مرحله توسط خروجی الگوریتم BEL، XOR می شود که در مرحله نهایی توسط خروجی BEL، عمل NAND صورت می پذیرد (این مرحله نیز همواره در طی ۸۰ دور رمزنگاری تکرار می شود در ابتدا) شبه کد مربوطه:

```
for (int i = 1; i <= 80; i++)
Begin for
BEL Length = 128;
BEL GENERATOR (طول رشته ورودی * i, shift + i, 127);
A_ = A_.Xor(BEL RESULT);
BEL GENERATOR ((long)Math.Power(طول رشته ورودی, i), shift * i, 127);
A_ = A_.Xor(BEL RESULT);
BEL GENERATOR ((long)(Math.Power(طول رشته ورودی, i)*50), ((shift * i)*50), 127);
A_ = A_.And(BEL RESULT).Not();
```

در گام بعدی (داخل حلقه) همانند خط لوله فشرده ساز Merkle-Damgård، بلوک A_ به عنوان بلوک اولیه در نظر گرفته شده و با بلوک هایی که داده کاربر به آنها فراخوانی و به صورت بیتی ذخیره گردیده XOR می شود یعنی همانند شبه کد زیر:

```
A = A.Xor(A_).ROL(shift);
B = B.Xor(A);
C = C.Xor(B);
D = D.Xor(C);
```

در شبه کد بالا منظور از ROL همان Rotate Shift Left است که بعد از عمل XOR شیفست صورت می پذیرد. سپس بلوک های A, B, C, D به صورت شماتیک زیر در بلوک های مکمل قرار میگیرند:



شکل ۱ - قرار گیری بلوک ها

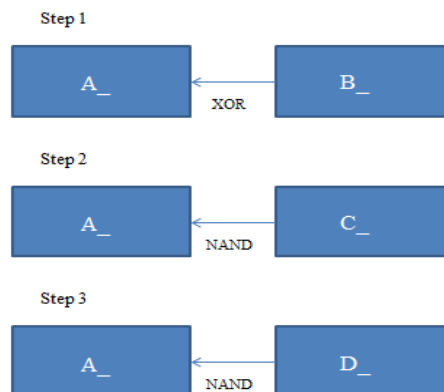
شبه کد مربوطه به صورت زیر است:

```
A_ = ((BitArray)D.Clone());
B_ = ((BitArray)A.Clone());
C_ = ((BitArray)B.Clone());
D_ = ((BitArray)C.Clone());
END for
```

بعد از اتمام حلقه، (تکرار یک بار) بلوک A_ به عنوان بلوک اولیه برای خط لوله فشرده سازی برگزیده می شود و به صورت شبه کد زیر عمل میکند:

```
A_ = B_.Xor(A_);
A_ = C_.And(A_).Not();
A_ = D_.And(A_).Not();
```

شبه کد ذکر شده به صورت تصویر زیر عمل میکند:



شکل ۲ - عمل فشرده سازی به صورت شماتیک

در نهایت بعد از یک بار تکرار عمل فشرده سازی خروجی A_ به صورت هگزادسیمال چاپ می شود.

۳-آزمون

الگوریتم MD5 برای دو تصویر زیر تصادم نشان میدهد که مقادیر چکیده شان یک سان است در حالی که تو تصویر با مشخصات متفاوت می باشند. آدرس دانلود دو تصویر در ضمیمه همین مقاله آورده شده و می توانید دانلود کنید.



شکل ۴ - تصویر کشتی

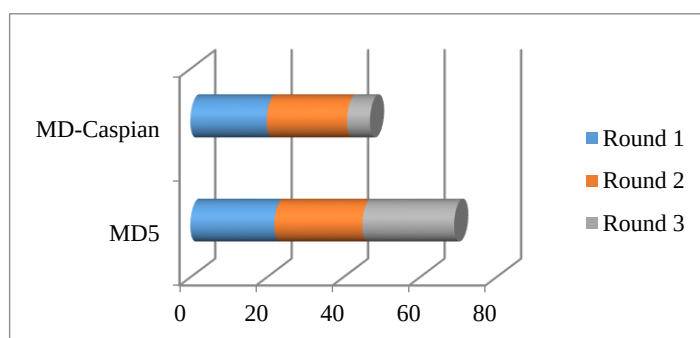


شکل ۳ - تصویر هواپیما

جدول ۱ - نتایج آزمایش دو تابع چکیده ساز

نام چکیده ساز	نتیجه چکیده ساز	تصویر
MD5	253DD04E87492E4FC3471DE5E776BC3D	هواپیما
MD5	253DD04E87492E4FC3471DE5E776BC3D	کشتی
MD-Caspian	BDE767B7E9BECAEBE4B8CBF1BFB41EF7	هواپیما
MD-Caspian	ACBF1BCF7F4D37F7AA7BEBF7EFD3B5B6	کشتی

همان طور که مشاهده می کنید الگوریتم بهینه شده حاضر هیچ تصادفی ندارد با اینکه الگوریتم MD5 برای دو تصویر حمله تصادم نشان می دهد. در ادامه دو ورودی تصادفی انتخاب کرده و میزان فروپاشی بهمنی شان (Avalanche effet) با الگوریتم MD5 مقایسه میکنیم.



شکل ۵ - نتیجه آزمون شبیه سازی

همچنین در جدول زیر می توانید تفاوت سرعت الگوریتم حاضر با MD5 مشاهده کنید. الگوریتم حاضر بر بستر تکنولوژی Dot Net Core 3.1 و توسط سیستمی با مشخصات Core i7 - 3632QM 2.20 GHz و میزان رم ۱۶ گیگابایت تست شده است.

جدول ۲ - مقایسه سرعت محاسباتی

الگوریتم	زمان - میلی ثانیه	تعداد داده
MD5	۶۹۵۱۷۳۹	۸۷۱۶۲۷
MD-Caspian	۱۱۴۴۰۶۳۹	

همچنین الگوریتم MD-Caspian توسط ۸۷۱۶۲۷ داده به طول ۶ که ترکیبی از حروف "abcdefgh1234567890" تست و آزمایش شده است و هیچ گونه تصادفی رخ نداده است.

نتیجه گیری

براساس داده های آزمایش شده و قابل مشاهده الگوریتم حاضر یک الگوریتم کارآمد و قابل مقایسه با الگوریتم MD5 می باشد و بلکه جایگزین آن در بحث نرم افزاری باشد. همان گونه که در بخش نتایج می توانید مشاهده کنید برای عکس های کشتی و هواپیما الگوریتم ما تصادم نداشته و بلکه ۲۲ درصد تغییر (فروپاشی بهمنی) در مقایسه هر دو نتایج چکیده ساز با همدیگر مشاهده شد و همان گونه که یاد شد سرعت کمتری نسبت به سایر الگوریتم ها دارد و از همه مهمتر هیچ گونه تصادمی رخ نداده در نتایج آزمایش شده.

ضمیمه

لینک دانلود ها:

- عکس هواپیما:

<http://Trainbit.com/files/4810898484/plane.jpg>

- عکس کشتی:

<http://Trainbit.com/files/1610898484/ship.jpg>

فایل پروژه: <https://github.com/TourajOstovari/MD-Caspian>

منابع

- میلاد جعفری بارانی و فواد جلیلی، مفاهیم رمزنگاری، چاپ دوم، انتشارات ناقوس، تهران، ۱۳۹۷.
- ناصر آقاچان زاده و محمد مهدی درفشی و مجید جان نثاری، علم رمزنگاری و هنر تحلیل رمز، چاپ اول، انتشارات ناقوس، تهران، ۱۳۹۱.
- عین الله جعفرنژاد قمی، ساختمان داده ها در سی، چاپ یازدهم، انتشارات علوم رایانه، تهران، ۱۳۹۲.
- مهرداد توانا و سعید هراتیان، اصول طراحی الگوریتم ها، چاپ دوم، انتشارات پارسه، تهران، ۱۳۸۹.
- Mahesh Kumar K.M* and Sunitha N.R, "Hybrid Cryptographically Secure Pseudo-Random Bit Generator", "2016 2nd International Conference on Contemporary Computing and Informatics (IC3I)", India: Noida, page: 296-301, 2016.
- Bruce Schneier, Applied Cryptography: Protocols, Algorithms, and Source Code in C, Second Edition, John Wiley & Sons, 1996.
- Henk C. A. van Tilborg and Sushil Jajodia, "Encyclopedia of Cryptography and Security", Springer, 2011.
- Behrouz A. Forouzan, Cryptography and Network Security, First Edition, McGraw-Hill, 2007.

بررسی دز پرتوهای یونیزان در راکتور آب جوشان و تاثیر آنها بر سلامت

تاریخ دریافت: ۹۹/۰۷/۲۸

تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۸/۳۰

کد مقاله: ۲۹۲۲۸

علی اشرف باقری^۱، کوثرزاهدی لاله دشتی^۲

چکیده

از انجایی که مطالعه دقیق اثرات حوادث هسته‌ای به صورت تجربی قابل تجزیه و تحلیل نمی‌باشد لذا بررسی اثر این حوادث هسته‌ای و شناخت اثر پرتوایی آنها از اهمیت بالایی برخوردار است لذا در این پژوهش به بررسی اثر حوادث در راکتورهای نسل پیشرفته BWR پرداخته شده است و تاثیر مواد پرتوزای حاصل از حوادث هسته‌ای بر بدن مورد مطالعه قرار گرفته است. با استفاده از نرم افزار شبیه ساز PCTran، شبیه سازی حوادث راکتورهای BWR انجام شد که این حوادث برای تحلیل انواع گذارهای هسته‌ای در قلب راکتور آب جوشان و محفظه راکتور آورده شده است. سپس با استفاده از نرم افزار Live chart nuclides نمودار شکافت عنصر اورانیوم-۲۳۵ به دست آورده شده است و نمودارهای مواد پرتوایی را که از آن وارد محیط می شود و برای سلامت انسان بسیار مضر است گزارش شد. میزان خطر به ایزوتوپ پرتوزای بتا بستگی دارد که هر کدام جدا در نرم افزار live chart of nuclides مورد ارزیابی قرار داده شد. در این پژوهش به بررسی حوادث وخیم در راکتورهای آب جوشان پرداخته شد و نتایج دز در این راکتورها بدست آورده شد. سپس مقدار واپاشی اورانیوم-۲۳۵ گزارش شده است. همچنین وقتی حادثه‌ای در راکتور هسته‌ای اتفاق بیفتد عناصر زنون-۱۳۳ و ید-۱۳۱ و سزیم-۱۳۷ وارد محیط زیست می شوند، لذا نمودار مربوط به واپاشی بتا و پرتوی ترمزی هر کدام گزارش شد. که نتایج نشان داد هر ایزوتوپ گسیلنده بتا و گاما هنگامی که بیش از حد مجاز وارد بدن شود باید خطرناک تلقی کرد و حفاظ گذاری با طراحی مناسب اجرا شده باشد. لذا شناخت عناصر و نوع انرژی این مواد پرتوزا در شرایط حادثه اطلاعات مفیدی در زمان حادثه ارائه می کند.

واژگان کلیدی: راکتور هسته‌ای، مواد پرتوزا، اورانیوم-۲۳۵، شکافت هسته‌ای

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی هسته‌ای دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته کرمان، ایران
aliashrafbaghri1371@gmail.com

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی هسته‌ای دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته کرمان، ایران
kosar.zh3774@gmail.com

۱- مقدمه

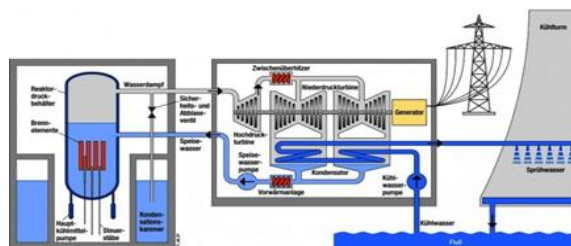
راکتورهای آب جوشان از نوع راکتورهای آب سبک می‌باشند. از آنجایی که سیال درون این راکتورها مستقیماً به بخار تبدیل می‌گردد و با توجه به تولید مستقیم بخار در قلب راکتور، در بالای قلب فیلترهایی برای جداسازی آب از بخار تعبیه شده است که پس از فرآیند فیلتراسیون، بخار خشک به توربین می‌رود و تولید قدرت می‌کند. در حوادث راکتورهای هسته‌ای آب جوشان که مهمترین آنها پارگی سوخت به دلایل خوردگی یا رادیولیز آب است باعث آزاد شدن مواد پرتوزای هسته‌ای ناشی از سوخت نیروگاه-های هسته‌ای، می‌شود و از ایزوتوپ‌های اورانیوم یا پلوتونیوم هستند. این عناصر تحت شکافت هسته‌ای قرار گرفته‌اند و علاوه بر تولید گرما، شکافت هسته‌ای فرآورده‌های پرتوزای دیگری نیز مانند یید-۱۳۱ و زنون-۱۳۳ و سزیم-۱۳۷ تولید می‌نمایند که بررسی پرتوزایی و تبدیل شدن این عناصر به عناصر دیگر از طریق واپاشی و نیمه عمر آنها از اهمیت بالایی برخوردار است. لذا نمودار مربوط به واپاشی بتا و پرتوی ترمزی هرکدام به دست آورده شد. تابش بتا با توجه به انرژی‌اش می‌تواند تا اعماق گوناگون در بافت‌های بدن نفوذ کنند و یک نوع خطر تابشی محسوب می‌شوند. البته میزان خطر به ایزوتوپ پرتوزای بتا بستگی دارد که هر کدام جدا در نرم افزار live chart of nuclides مورد ارزیابی قرار داده شد. هدف از این پژوهش شناسایی بیشتر پرتوهای هسته‌ای ساطع شده از راکتورهای آب جوشان در شرایط حوادث وخیم هسته‌ای می‌باشد که با توجه به این اطلاعات در شرایط حوادث هسته‌ای می‌توان تصمیمات سنجیده‌تری در مقابل حوادث هسته‌ای اتخاذ کرد.

۲- تاریخچه

ابوبکر و همکاران در طی پژوهشی به بررسی پرتوهای یونیزان بر سلامت انسان پرداختند. آنها بررسی کردند که پرتو یونیزان پرتویی است که انرژی کافی برای آزادسازی الکترون‌ها از اتم‌ها یا مولکول‌ها را به همراه دارد و از این طریق آنها را یونیزه می‌کند. تجزیه خود به خودی اتم‌ها به عنوان رادیواکتیویته شناخته می‌شود و انرژی اضافی ساطع شده نوعی پرتو یونیزان است. با افزایش تولید پرتوهای یونیزه کننده، احتمال به خطر افتادن سلامتی نیز بیشتر می‌شود. آنها به این نتیجه رسیدند که خطر پرتوها برای سلامت انسان به خوبی شناخته شده است که می‌تواند اثرات بیولوژیکی، به ویژه تغییر مولکول‌های موجود در سلول را ایجاد کند. آنها همچنین ثابت کردند که پرتو تابشی اثر سرطان‌زا دارد اما کمتر با اثرات ژنتیکی در ارتباط است [۱]. در طی پژوهشی دیگر ابوبکر و همکاران به بررسی مواد پرتوزای هسته‌ای ناشی از حادثه فوکوشیما و تاثیر آن بر محیط زیست پرداختند. آنها به این نتیجه رسیدند، علاوه بر تاثیر مواد پرتوزای هسته‌ای ناشی از حوادث هسته‌ای به محیط زیست، روش‌های کمی برای جلوگیری از ورود مواد پرتوزا به آب دریاها وجود دارد و باید برای جلوگیری از ورود این مواد به آب دریاها و تبعات آلودگی آن تحقیقات بیشتری صورت بگیرد [۲]. کو و همکاران در طی پژوهشی به بررسی اثر یید-۱۳۱ و سزیم-۱۳۷ و زنون-۱۳۳ در حادثه فوکوشیما پرداختند. آنها به این نتیجه رسیدند که نزدیک به ۱۰۰٪ موجودی هسته ممکن است در جو منتشر شود. علاوه بر این، حدود ۱۶٪ از موجودی سزیم-۱۳۷ به دریا جاری می‌شود، که هنوز هم تاثیر شگرفی نه تنها بر ژاپن بلکه در سراسر جهان نیز دارد [۳]. در طی پژوهشی روش‌هایی برای مدیریت حوادث با استفاده از محلول بور و مخلوط کردن آن با آب استفاده شده است. در طی حادثه خاموشی برق نیروگاه که ادامه توالی حادثه از دست رفتن آب خنک کننده است، و بررسی قابلیت اطمینان سیستم تزریق بور در این شرایط از اهمیت بالایی برخوردار است. همچنین راه‌حل دیگر برای جلوگیری از ریختن ناگهانی آب به داخل قلب راکتور و محفظه تحت فشار راکتور و در نتیجه کاهش تنش و جلوگیری از ذوب قلب راکتور می‌باشد. در نتیجه ریختن آب بصورت ناگهانی داخل قلب راکتور و محفظه تحت فشار، باعث ذوب قلب راکتور و ترک محفظه تحت فشار در اثر خوردگی می‌شود [۴]. در طی پژوهشی راکتورهای نسل جدید سه پلاس آب جوشان تحلیل شد که سیستم خنک کننده آن به صورت گردش طبیعی است. سیستم‌های انعطاف پذیر نسل سه پلاس شامل سیستم فشار خودکار، استخر فرونشانی، سیستم کنترل مایعات، سیستم خنک کننده هدایت شونده و سیستم منفعل خنک کننده محتوی فعال شده است، تا سرعت راکتور منجر به تزریق را به سرعت کاهش دهد. در حضور این سیستم‌ها حادثه شکست خط لوله بخار تحلیل شد که مقدار شدت حادثه کنترل شد و حادثه ذوب قلب راکتور را تهدید نمی‌کرد [۵]. در طی پژوهشی یانگ و همکاران به بررسی سیستم‌های ایمنی منفعل در راکتورهای آب جوشان نسل سه پلاس و حادثه شکست بزرگ در خط آب تغذیه اصلی راکتورهای آب جوشان پرداختند. آنها در این پژوهش به بررسی قابلیت اطمینان سیستم‌های خنک کننده اضطراری در طی حادثه شکست بزرگ پرداختند. نتایج آنها نشان داد بدون نزدیک شدن دمای قلب راکتور به نزدیک دمای ذوب قلب و خشک شدن قلب راکتور از آب خنک کننده، سیستم‌های ایمنی به خوبی عمل می‌کنند و باعث مهار حادثه می‌شوند [۶].

۳- تعریف راکتور BWR

در راکتورهای آب جوشان سیال ورودی به قلب در حالت SUBCOOLED می‌باشد و پس از عبور از بین میله‌های سوخت، سیال شروع به جوشش کرده و به صورت دوفازی می‌گردد. بنابراین نیازی به استفاده از مبدل بخار در این راکتورها نمی‌باشد که باعث کاهش هزینه‌ی اقتصادی در مقابل دیگر راکتورهای آب سیک می‌گردد. با توجه به دانسیته بیشتر آب در پایین قلب، میله‌های کنترل بر خلاف راکتورهای آب تحت فشار از پایین وارد قلب شده و وظیفه کنترل راکتور را انجام می‌دهند. به راکتورهای آب جوشان راکتورهای کانالی نیز می‌گویند، یعنی هر بسته سوخت توسط یک کانال احاطه شده است. این کانال‌ها باعث می‌شوند بسته‌های سوخت مجاور هیچ ارتباط هیدرولیکی با یکدیگر نداشته باشند و در نتیجه جریان‌های عرضی بین کانال‌ها از بین می‌رود. شکل (۱) شماتیک یک راکتور آب جوشان را نشان می‌دهد.



شکل (۱): شماتیک راکتور BWR

۳-۱- حوادث راکتورهای هسته‌ای

در راکتورهای آب جوشان یکی از مهمترین عوامل شکست و پارگی لوله‌های سوخت، خوردگی است زیرا سوخت در معرض مواد پرتوزای بسیاری است و این مواد برهمکنش زیادی با آب خنک کننده راکتور و عنصر سوخت دارند که نتیجه آن خوردگی و پارگی میله سوخت است و پیرو آن مواد پرتوزای زیادی به محیط زیست وارد می‌شوند که از وخیم ترین حوادث در راکتورهای آب جوشان است.

۳-۲- اصل دفاع در عمق در نیروگاه‌های هسته‌ای

اصل دفاع در عمق از اصول بنیادی ایمنی هسته‌ای است. هدف از اعمال آن، جبران خرابی‌های بالقوه محیط زیستی و انسانی از طریق برقراری یک سری لایه‌های دفاعی شامل حصارهای ایمنی فیزیکی است. هدف نهایی این اصل اجتناب از رها شدن مواد رادیو اکتیو به محیط زیست است. همچنین تمهیدات لازم برای حفاظت از مردم و محیط زیست را در برابر مخاطرات در زمان موثر نبودن حصارهای ایمنی پیش بینی کرده است. اگر اصل دفاع در عمق در طی حوادث هسته‌ای به خوبی عمل نکند باعث نشت مواد پرتوزا به محیط می‌شود که آثار زیان باری بر انسان دارد.

۴- پرتوزایی

در طبیعت مواد پرتوزایی وجود دارند که دارای اتم‌های ناپایدارند. این اتم‌ها دارای ایزوتوپ‌هایی هستند که وقتی شکسته شوند، پرتوهای آلفا، بتا و گاما ساطع می‌شود. همچنین پرتو ایکس نیز به صورت مصنوعی تولید می‌شود که قدرت نفوذ هر کدام در جدول (۱) ذکر شده است.

جدول (۱): قدرت نفوذ پرتوهای شایع در محیط زیست

نوع پرتو	هوا	بافت‌ها	سرب
ذرات آلفا	۴ سانتی‌متر	۰/۰۵ میلی‌متر	صفر
ذرات بتا	۳۰۰-۶ سانتی‌متر	۰/۰۶-۴ میلی‌متر	۰/۰۵-۰/۳ میلی‌متر
پرتو گاما	۴۰۰ متر	۵۰ سانتی‌متر	۴۰ میلی‌متر
پرتو ایکس	۱۲۰-۲۴۰ متر	۱۵-۳۰ سانتی‌متر	۰/۳ میلی‌متر

۵- اثرات بیولوژیکی پرتوهای یونساز

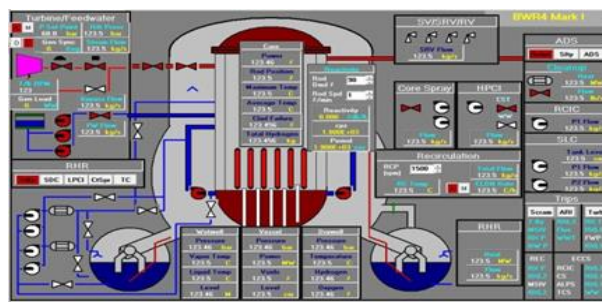
برخورد پرتوهای یونساز با بدن انسان باعث اثرات بیولوژیکی زیانباری می‌شود که ممکن است بعدها این علائم را نشان دهد. این تأثیرات به سه گروه اثرات قطعی و تصادفی، اثرات زودرس و دیررس، اثرات جسمی و ژنتیکی تقسیم می‌شوند که در جدول (۲) اثرات بیولوژیکی زودرس در دزهای مختلف آمده است.

جدول (۲): علایم پرتوگیری در دزهای مختلف

نوع علامت	محدوده دز (گری)
بی‌اشتهایی	۰/۶-۳/۱
تهوع	۱/۲-۱/۷
استفراغ	۱/۷-۲/۷
اسهال	۲/۴-۳

۶- شبیه ساز راکتورهای BWR

نرم افزار شبیه ساز PCTTRAN به منظور آموزش پرسنل نیروگاهی و دانشجویان طراحی گردیده است و از عملکرد قابل قبولی برخوردار می‌باشد. شبیه ساز راکتورهای BWR برای تحلیل انواع گذارهای هسته ای و حادثه های هسته ای در قلب راکتور آب جوشان و محفظه راکتور آورده شده است. این شبیه ساز همچنین عملکرد پمپ ها، میله های سوخت راکتور، محفظه راکتور آب جوشان و سیستم های خنک کننده اضطراری قلب راکتور را در شرایط حوادث مختلف تجزیه و تحلیل می‌کند. شکل (۲) شبیه ساز داخل ساختمانهای BWR را نشان می‌دهد.



شکل (۲): شبیه ساز داخل ساختمان راکتور

۷- نرم افزار Live Chart of Nuclides

Live Chart nuclides یک نمودار تعاملی است که ساختار هسته ای و ویژگی های فروپاشی همه نوکلیدهای شناخته شده را از طریق رابط گرافیکی قابل درک نشان می‌دهد. بیشتر داده‌های در دسترس از پرونده ارسالی ساختار داده هسته ای (ENSDF) گرفته شده است که معتبرترین و به روزترین پایگاه داده در این زمینه است. که در این پژوهش عنصر اورانیوم-۲۳۵ که عنصر اصلی سوخت در راکتورهای آب جوشان است مورد بررسی قرار داده شده است و در جدول شکل (۴) خلاصه واپاشی آن آورده شده است. در جدول (۴): Parent, Daughter) نوکلید مادر و دختر - $T_{1/2}[s]$ نیمه عمر (یا پایدار) - E_x انرژی سطح واپاشی - $J\pi$ order حرکت زاویه‌ای و برابری حالت - Decay [%] حالت واپاشی - Q_{decay} انرژی موجود برای فروپاشی) است.

جدول (۴): خلاصه واپاشی اورانیوم-۲۳۵

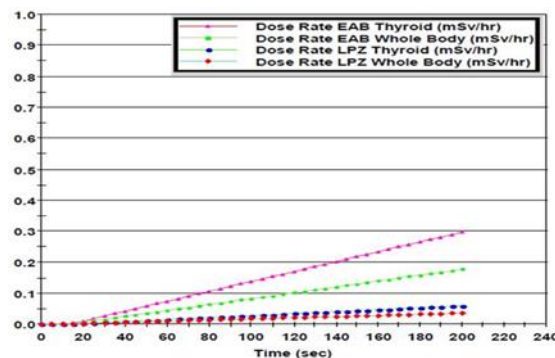
Parent	$^{235}_{92}\text{U}$
$T_{1/2}$	$7.04 \times 10^8 \text{ y}$
$E_{\alpha} [\text{keV}]$	0.0
β order	7/2-
Decay	α 100 %
Q decay (note on Q value)	4678.0 7
Daughter	$^{231}_{90}\text{Th}$
Total energy by radiation type, per 1 decay of the parent [keV]	
Alpha	0.254 4463.937
Beta	0.000 0.000
CE & Auger	1.649 35.653
γ & X	1.397 175.220
Unplaced γ	0.381 0.904
Recoil	0.110 76.490
Neutrino	0.000 0.000
Absorbed	2.179 4751.299
Total	2.179 4751.299
Q * BR	4678.0
Delta	73.299-

۸- روش کار

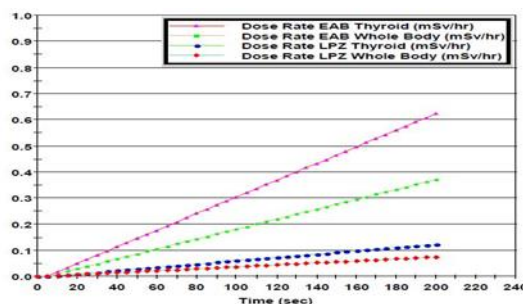
در این پژوهش به بررسی حوادثی که در راکتورهای آب جوشان نسل پیشرفته باعث پرتوزایی می شود پرداخته شده است و مقدار دز خروجی در هر کدام از حوادث گزارش شد. در سناریو ۱ همزمان سه حادثه را در راکتور در پنج ثانیه از شروع کار راکتور اعمال شد که حوادث سناریو اول شامل حادثه از دست رفتن برق نیروگاه، حادثه شکستن لوله آب ورودی به قلب راکتور و حادثه پارگی میله سوخت است. در سناریو ۲ همزمان دو حادثه را در ۵ ثانیه بعد از روشن شدن راکتور اعمال شد. حادثه دوم تریپ توربین و همزمانی آن با حادثه پارگی میله سوخت می باشد که نتایج دز در هر کدام از سناریوها گزارش شد. سپس با استفاده از نرم افزار Live chart nuclies نمودار شکافت عنصر اورانیوم-۲۳۵ به دست آورده شده است و نمودارهای مواد پرتوزایی را که از آن وارد محیط می شود و برای سلامت انسان بسیار مضر است گزارش شد.

۹- یافته های پژوهش

در نمودار شکل (۳) همزمانی سه حادثه برق نیروگاه، حادثه شکستن لوله آب ورودی به راکتور و حادثه پارگی میله سوخت گزارش شده است. که در این نمودار مقدار دز نشتی ساطع شده از راکتور گزارش شده است.



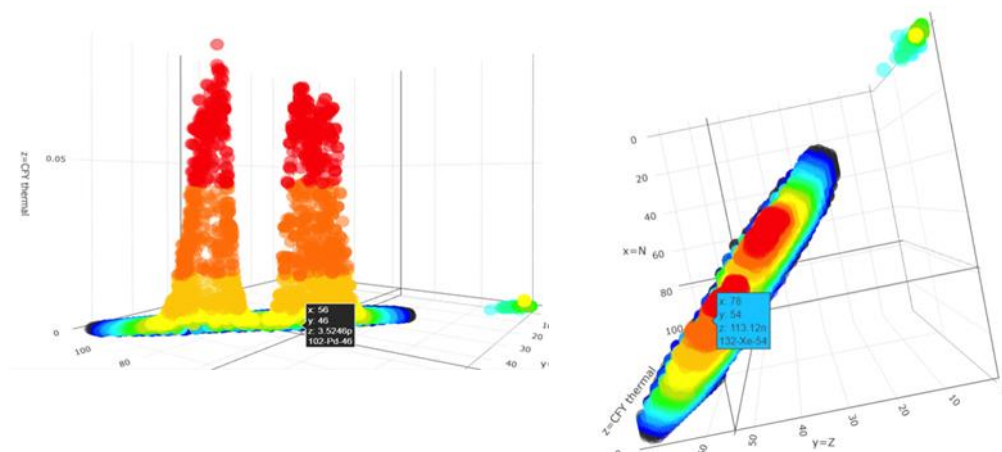
شکل (۳): نمودار تغییرات دز ساطع شده از راکتور در طی همزمانی سه حادثه



شکل (۴): نمودار تغییرات دز ساطع شده راکتور آب جوشان در طی همزمانی دو حادثه تریپ توربین و پارگی میله سوخت راکتور

در نمودار شکل (۴) میزان دز نشتی از راکتور آب جوشان در طی همزمانی دو حادثه تریپ توربین و پارگی میله سوخت راکتور گزارش شده است دیده می شود که دز نشتی در طی همزمانی بسیار بیشتر است و لحظه به لحظه بر میزان این دز افزوده می شود و باید به هر نحو جلوی این حوادث را گرفت.

از آنجایی که واپاشی عناصر رادیواکتیو در قلب راکتورهای آب جوشان بیشتر مربوط به عناصر اورانیوم-۲۳۵ است، لذا نمودار شکافت عنصر اورانیوم-۲۳۵ توسط نرم افزار LiveChart of Nuclides به دست آورده شد که نتایج آن به صورت زیر است.

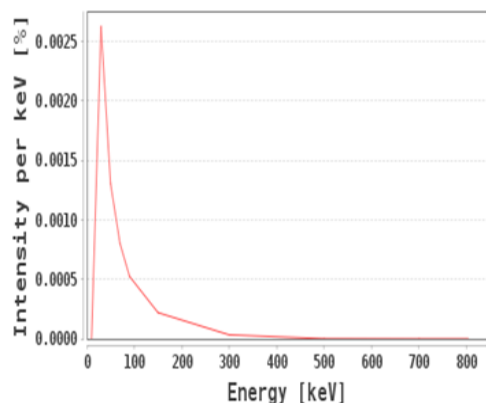


ب) نمودار نمازروبرو

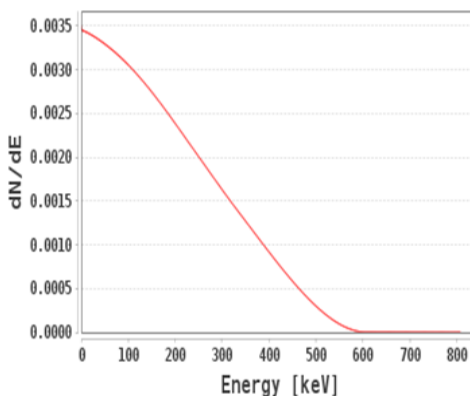
الف) نمودار نمازبالا

شکل (۵): حالت های واپاشی اورانیوم-۲۳۵

در نمودار شکل (۵) هسته ناپایدار ایزوتوپ رادیواکتیو اورانیوم-۲۳۵ با انتشار ذرات مختلف به حالت پایدار می رسد. اورانیوم در طی واپاشی به عناصر مختلف تبدیل می شود که شامل نوکلیدهای مادر و دختر است. هسته مرکزی به رنگ قرمز نشان داده شده است و اجداد احتمالی آن به رنگ سیاه و سایر هسته های دیگر در پس زمینه قرار دارند. که طبق نمودار ۳ بعدی بالا حالت واپاشی رنگ زرد آلفا، سبز تسخیر الکترون و پوزیترون زایی، آبی بتا، صورتی شکافت خود به خودی، نارنجی پروتون زایی، بنفش نوترون زایی، انتشار ذرات و رسیدن به هسته های دختر را نشان می دهد. که در نمودار بالا قسمت نمودار شکل (۵) الف) هسته pd را به رنگ مشکی نشان می دهد یعنی هسته از اجداد اورانیوم-۲۳۵ است. هم چنین نمودار شکل (۵) ب) هسته xe را به رنگ آبی نشان می دهد یعنی از واپاشی بتا زایی ایجاد شده است.



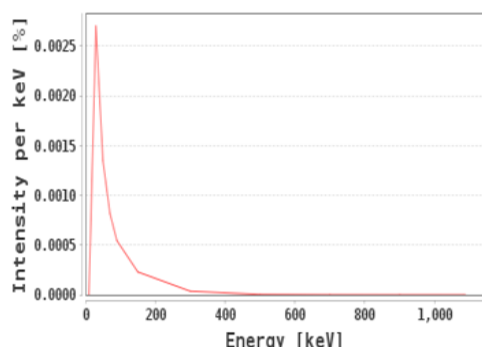
شکل (۶) - ب) نمودار طیف برمسترالانگ ید-۱۳۱



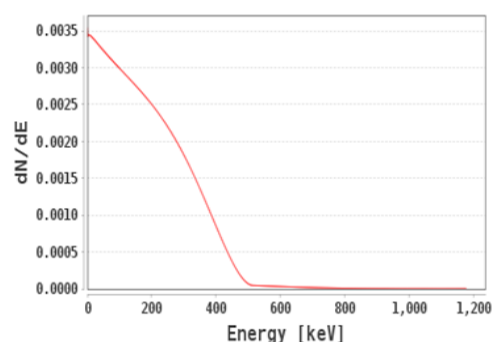
شکل (۶) - الف) نمودار طیف بتا ید-۱۳۱

در نمودار شکل (۶) الف) خطرات عمده سلامتی مرتبط با قرار گرفتن در معرض ید-۱۳۱ غده تیروئید را شامل می شود، که این رادیونوکلئید را متمرکز می کند. غده تیروئید منبع چندین هورمون است که در آن ید یک ماده سازنده مهم است. نگرانی در

مورد اثرات سرطان زا قرار گرفتن در معرض رادیو نوکلئید ید-۱۳۱ در غده تیروئید وجود دارد. ید-۱۳۱ رادیونوکلئیدی است که خواص فیزیکی آن شامل (نشر ذرات بتا با برد ۸/۰ میلیمتر، انرژی میانگین ۱۹۱ کیلو الکترون ولت، نیمه عمر فیزیکی تقریباً ۸ روز، نیمه عمر موثر ۶/۷ روز و نشر گاما) است. انرژی بیشینه بتای ید-۱۳۱، ۸۰۰ keV و پیک انرژی حاصل از واپاشی برمشترا لانگ ید-۱۳۱، ۰/۰۱۲۸ keV/decay است.

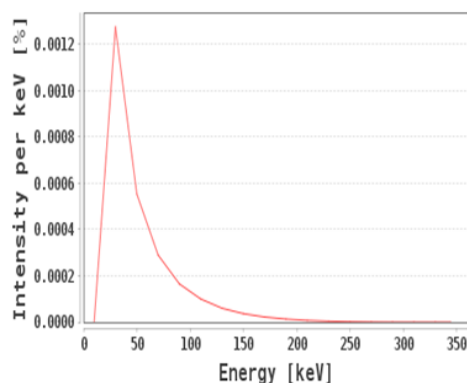


شکل (۷) - (ب) نمودار طیف برمشترا لانگ سزیم-۱۳۷

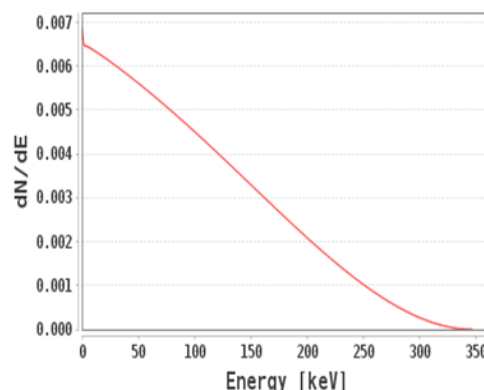


شکل (۷) - (الف) نمودار طیف بتا سزیم-۱۳۷

در نمودار شکل (۷) (الف، ب) سزیم بر سلول های بدن تاثیر دارد. انسانها در مواجهه با سزیم-۱۳۷ ممکن است سندرم تابش حاد را تجربه کنند، که شامل تأثیراتی از قبیل حالت تهوع، استفراغ، اسهال، خونریزی، سوختگی، اغما و حتی مرگ است. انرژی بیشینه بتای سزیم-۱۳۷، ۱۲۰۰ keV و پیک انرژی حاصل از واپاشی برمشترا لانگ سزیم-۱۳۷، ۰/۰۱۵۴۶ keV/decay است.



شکل (۸) - (ب) نمودار طیف برمشترا لانگ زنون-۱۳۳



شکل (۸) - (الف) نمودار طیف بتا زنون-۱۳۳

در نمودار شکل (۸) (الف، ب) زنون گازی است که به سرعت قابل پخش است و توسط بدن مورد استفاده یا تولید قرار نمی گیرد. از غشای سلولی عبور می کند و آزادانه بین خون و بافت رد و بدل می شود. تمایل دارد بیشتر در چربی های بدن متمرکز شود تا در محلول های خون، پلاسما، آب یا پروتئین. بیشتر زنون-۱۳۳ از یک تنفس وارد گردش خون شده، به ریه ها بازگردانده می شوند و پس از گذشت از گردش خون محیطی، بازدم می شوند. زنون بربافت ریه و جریان مغزی تاثیر دارد. در نتیجه در برخورد با زنون-۱۳۳ رادیواکتیو باید با دقت عمل کرد و از اقدامات ایمنی مناسب برای به حداقل رساندن تابش اشعه در کارکنان استفاده کرد. انرژی بیشینه بتای زنون-۱۳۳، ۳۵۰ keV و پیک انرژی حاصل از واپاشی برمشترا لانگ زنون-۱۳۳، ۰/۰۰۷۲ keV/decay است.

نتیجه گیری

در این پژوهش به بررسی حوادث وخیم در راکتورهای آب جوشان پرداخته شد و نتایج در این راکتورها بدست آورده شد. سپس مقدار واپاشی اورانیوم-۲۳۵ گزارش شده است. همچنین وقتی حادثه ای در راکتور هسته ای اتفاق بیفتد عناصر زنون-۱۳۳ و ید-۱۳۱ و سزیم-۱۳۷ وارد محیط زیست می شوند، لذا نمودار مربوط به واپاشی بتا و پرتوی ترمزی هر کدام گزارش شد. هر ایزوتوپ گسیلنده بتا و گاما هنگامی که بیش از حد مجاز وارد بدن شود باید خطرناک تلقی کرد و حفاظ گذاری با طراحی مناسب اجرا شده باشد. لذا شناخت عناصر و نوع انرژی این مواد پرتوزا در شرایط حادثه اطلاعات مفیدی در زمان حادثه ارائه می کند.

تشکر و قدردانی

از جناب آقای دکتر سید پژمان شیرمردی عضو هیات علمی پژوهشگاه سازمان انرژی اتمی ایران که ما را در تدوین و نگارش این پژوهش راهنمایی کردند نهایت قدردانی را می کنیم.

منابع

- Bakar, Nurul Fathihah Abu, et al. "Effect of ionizing radiation towards human health: A review." IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Vol. 268. No. 1. IOP Publishing, 2019.
- Aliyu, Abubakar Sadiq, et al. "An overview of current knowledge concerning the health and environmental consequences of the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant (FDNPP) accident." Environment international 85 (2015): 213-228.
- Koo, Yang-Hyun, Yong-Sik Yang, and Kun-Woo Song. "Radioactivity release from the Fukushima accident and its consequences: A review." Progress in Nuclear Energy 74 (2014): 61-70.
- Hodge, S. A., and M. Petek. Assessment of two BWR accident management strategies. No. CONF-911079--2. Oak Ridge National Lab., 1991.
- Lim, J., et al. "Assessment of passive safety system performance under main steam line break accident." Annals of Nuclear Energy 64 (2014): 287-294.
- Yang, Jun, et al. "Performance analysis of passively safe BWR with experimental and numerical simulation." 19th International Conference on Nuclear Engineering. American Society of Mechanic Engineer Makuhari, Japan, 2011.

مقاوم سازی دیوار برشی فولادی

تاریخ دریافت: ۹۹/۰۸/۱۴

تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۹/۰۷

کد مقاله: ۷۳۱۸۴

ناصر میقانی^{*}

چکیده

دیوار برشی فولادی برای مقاوم سازی ساختمانهای فولادی در حدود ۱۵ سال اخیر مورد توجه خاص مهندسين سازه قرار گرفته است. ویژگی‌های منحصر به فرد آن باعث جلب توجه بیشتر همگان شده است، از ویژگی‌های آن اقتصادی بودن آن، اجرای آسان، وزن کم نسبت به سیستم‌های مشابه، شکل پذیری زیاد، نصب سریع، جذب انرژی بالا و کاهش قابل ملاحظه تنش پس ماند در سازه را می‌توان نام برد. تمام دلایل ما را به این فکر وا داشت که استفاده از آن را در ترمیم ساختمانهای بتنی مورد مطالعه قرار بدهیم. چون این سیستم دارای وزن کم بوده، به سازه بار اضافی وارد نکرده و حتی با اتصالاتش باعث تقویت تیر و ستونهای اطراف خود می‌شود و همچنین این سیستم نیازی به تجهیزات خاص ندارد و می‌تواند بدون تخلیه ساختمان و تخریب اعضا سازه ای به بقیه اجزای سازه‌ای وصل شود. البته طراحی این سیستم در ساختمان‌های بتنی بغیر از حالت ترمیمی اقتصادی به نظر نمی‌آید. در این مقاله توضیحات اولیه ای از دیوار برشی فولادی جهت آشنایی بیشتر ارائه شده و در قسمتهای بعدی بررسی در تقویت و ترمیم سازه‌های بتنی مورد مطالعه قرار خواهد گرفت و تفاوت آن با LYP رفتار پانل‌های برشی فولادی سیستم بادبندی مشابه مورد توجه قرار خواهد گرفت و در آخر نتایج آزمایشات بررسی خواهند شد.

واژگان کلیدی: دیوار برشی، بتن، مقاوم سازی

یکی از روش های مقاوم سازی استفاده از دیوار برشی می باشد. دیوار برشی در هنگام زلزله سبب کاهش تغییر شکل اعضای ساختمان و کم شدن خسارات وارد شده به دیگر اجزا سازه می شود. دیوار برشی ضمن اینکه سبب افزایش شکل پذیری ساختمان می شود. مقاومت و سختی سازه را نیز افزایش می دهد. دیوار برشی وقتی بکار برده می شود که تیرها و ستون های یک سازه قابلیت تحمل بار را داشته باشند اما تحت نیروی لرزه ای آسیب پذیر باشند. بدین صورت که ایجاد دو تا چهار دیوار برشی باعث جذب نیروهای لرزه ای هنگام وقوع زلزله و در نتیجه کاهش نیروهای وارد بر ستون و تیرهای بتی می شود. استفاده از روش مقاوم سازی با دیوار برشی نیروی وارد بر ستون ها را کاهش می دهد و همین امر سبب جلوگیری از تغییر شکل تیر و ستون می شود. لازم به ذکر است که دیوارهای برشی سختی و وزن زیادی دارند از این رو نیروی زیادی را به فونداسیون وارد می کند برای همین آماده سازی فونداسیون قبل از اجرای دیوار برشی ضروری است.

برای گرفتن نیروهای جانبی زلزله و باد در ساختمان های بلند در سالهای اخیر SSW دیوارهای برشی فولادی مطرح و مورد توجه قرار گرفته است. این پدیده نوین که در جهان سرعت رو به گسترش می باشد در ساخت ساختمانهای جدید و همچنین تقویت ساختمانهای موجود بخصوص در کشورهای زلزله خیزی همچون آمریکا و ژاپن بکار گرفته شده است. استفاده از آن ها در مقایسه با قابهای ممان گیر تا حدود ۵۰٪ صرفه جویی در مصرف فولاد را در ساختمان ها به همراه دارد.

دیوار های برشی فولادی از نظر اجرایی، سیستمی بسیار ساده بوده و هیچگونه پیچیدگی خاصی در آن وجود ندارد. لذا مهندسان، تکنسینها و کارگران فنی با دانش فنی موجود و بدون نیاز به کسب مهارت جدید می توانند آنرا اجرا نمایند. دقت انجام کار در حدودت های متعارف در اجرای سازه های فولادی بوده و با رعایت آن ضریب اطمینان اجرایی به مراتب بالاتر از انواع سیستم های دیگر می باشد. با توجه به سادگی و امکان ساخت آن در کارخانه و نصب آن در محل، سرعت اجرای سیستم بالا بوده و از هزینه های اجرایی تا حد بالایی کاسته می شود. سیستم از نظر سختی برشی از سخت ترین سیستم های مهاربندی که X شکل می باشد، سخت تر بوده و باتوجه به امکان ایجاد باز شو در هر نقطه از آن، کارایی همه سیستم های مهاربندی را از این نظر دارا می باشد. همچنین رفتار سیستم در محیط پلاستیک و میزان جذب انرژی آن نسبت به سیستم های مهاربندی بهتر است. در سیستم دیوار های برشی فولادی به علت گستردگی مصالح و اتصالات، تعدیل تنش ها به مراتب بهتر از سیستم های مقاوم دیگر در برابر بارهای جانبی مانند قاب ها و انواع مهاربندی که معمولاً در آنها مصالح به صورت دسته شده و اتصالات متمرکز می باشند، صورت گرفته و رفتار سیستم بخصوص در محیط پلاستیک مناسب تر می باشد.

گزارش اولیه تحقیقات انجام شده در تابستان سال ۲۰۰۰ میلادی در آزمایشگاه سازه دیویس هال دانشگاه برکلی کالیفرنیا نشان می دهد، ظرفیت دیوار های برشی فولادی برای مقابله با خطراتی مانند زلزله، طوفان و انفجار در مقایسه با دیگر سیستم ها مثل قاب های ممان گیر ویژه حداقل ۲۵٪ بیشتر می باشد. در آزمایشگاه های تحقیقاتی استفاده گردیده است که ظرفیت آن حدوداً 6670 KN می باشد. آزمایشهای مذکور نشان می دهد، دیوار برشی فولادی دارای شکل پذیری بسیار بالایی هستند. به لحاظ اهمیت موضوع بودجه این تحقیقات که به منظور دستیابی به یک سیستم مطمئن جهت ساخت ساختمان های فدرال آمریکا برای آنکه بتوانند در مقابل خطراتی مانند زلزله، طوفان و بمب مقاومت نمایند، توسط بنیاد ملی علوم آمریکا و اداره خدمات عمومی آمریکا تأمین گردیده است.

۲- نحوه اجرای دیوار برشی

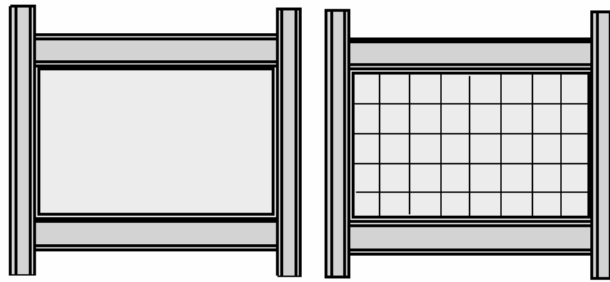
نحوه اجرای دیوار برشی دارای سه مرحله ی کلی است که به شرح زیر می باشد:

الف- آرماتوربندی دیوار برشی: در آرماتور گذاری دیوار برشی، آرماتورها در فواصل تعیین شده و طبق محاسبات نقشه بصورت عمودی جهت اجرای دیوار برشی درون فونداسیون تعبیه می گردند. پس از اجرای آرماتورهای عمودی دیوار برشی در محل های مشخص شده برای پیش گیری از جابجایی آنها پیش از عملیات بتن ریزی آنها را با استفاده از چند آرماتور افقی به یکدیگر متصل می کنند. لازم بذکر است نحوه ی اتصال آرماتور های افقی و عمودی به یکدیگر باید به گونه ای باشد که تا پایان مرحله بتن ریزی از محل خود جابه جا نشوند و بعلاوه عبور بتن از بین آنها عملی امکان پذیر باشد. پس از اتمام آرماتوربندی دیوار برشی، spacerها روی آنها تعبیه می گردد تا ضمن تامین پوشش بتنی مورد نیاز از چسبندگی قالب ها به آرماتور جلوگیری کرد.

ب- قالب بندی دیوار برشی: پس از اتمام آرماتوربندی دیوار برشی لازم به قالب بندی جهت اجرای بتن ریزی است، فرآیند نصب قالب بندی با استفاده از پین و گوه به یکدیگر و بروی آرماتورهای بسته شروع می گردد و پس از آن باید از محکم بودن قالب ها و پشت بند آنها بر روی دیوار به منظور پیشگیری از تغییر حالت قالب ها و ناشاقول شدن آنها اطمینان حاصل کرد. لازم بذکر است یکی از نکات مهم بویژه در سازه های فلزی که تیرها و ستون ها داخل بتن تعبیه می شوند عبور صحیح و کامل (بدون قطع میلگرد) از دو جهت تیرهای فلزی مدفون در بتن است.

ضمناً به منظور پیشگیری از کرمو شدن بتن باید فضای مناسب در داخل دیوار بتنی جهت قرار گیری تیرهای فلزی و عبور راحت بتن از آنها کنترل شود.

ج- **بتن ریزی دیوار برشی:** در مرحله ی بتن ریزی دیواربرشی پس از کنترل و بررسی های لازم و اتمام قالب بندی اقدام به بتن ریزی دیوار برشی طبق حجم و مقاومت لازم که از پیش تعیین شده می کنیم.



شکل ۱ - شکلی از دیوار برشی فولادی در سازه های فولادی با سخت کننده و بدون سخت کننده

۲- ساختمان های ساخته شده با استفاده از دیوار برشی فولادی

اولین ساختمان ساخته شده با استفاده از این روش بیمارستانی در لس آنجلس به نام بیمارستان Sylmar بود. یکی از بزرگترین سازه های ساخته شده با سیستم دیوار برشی فولادی ساختمان شینجوکونومورا 3 در توکیو است که این ساختمان دارای ۵۱ طبقه بوده و ارتفاع آن از سطح زمین ۲۱۱ متر است. ۵۰ طبقه آن درزیر زمین واقع بوده و ۲۷ متر آن پایین تر از سطح زمین قرار دارد و برای اجتناب از بکارگیری دیوار برشی بتنی، از سیستم دیوار برشی ۵ فولادی در هسته های مرکزی ساختمان که اطراف آسانسورها، پله ها و رایزر های تاسیساتی می باشد، استفاده گردید. یکی از کاربردهای این پانلها در تقویت سازه های بتنی در ساختمان مرکز درمانی در چارلستون می باشد این سازه در اثر زلزله ۱۹۶۳ آسیب دیده بود. این ساختمان متشکل از ساختمانهای متعددی از یک تا پنج طبقه می باشد که زیر بنا ی آنها نزدیک به ۳۲۵۰۰ متر مربع است. برای تقویت این سازه از بهترین تیم طراحی و تحقیقاتی استفاده گردید. بعد از بررسیهای فراوان این سیستم را با توجه به دلایل زیر مناسب دانستند:

- جلوگیری از اختلال در کار روزانه و کاهش مشکلات برای بیماران، بعلت سرعت نصب آن
- جلوگیری از کاهش زیر بنای مفید و اتلاف فضاها
- پیش بینی امکان تغییرات در آینده، زیرا در دیوار برشی فولادی به سادگی می توان تغییرات مورد نظر را اعم از جابجائی معماری و یا ایجاد بازشو به خاطر عبور تاسیسات داد.
- جلوگیری از ازدیاد وزن سازه
- به جز ساختمانهای بالا سازه های فراوانی از جمله:
- ساختمان مرکزی ۵۴ طبقه بانک وان ملون در پیتسبورگ پنسیلوانیای آمریکا
- ساختمان مسکونی ۵۱ طبقه واقع در سان فرانسیسکو
- ساختمان ۲۵ طبقه در ادمونتون کانادا
- ساختمان ۳۲ طبقه بایرهویچ هوس در لورکوزن آلمان
- ساختمان ۲۰ طبقه دادگاه فدرال در سیاتل آمریکا
- برای تقویت ساختمان بتنی، کتابخانه ایالتی اورگان را می توان نام برد که در آن برای تقویت از دیوار برشی فولادی استفاده شده است.

۳- معرفی سیستم دیوار برشی فولادی برای تقویت سازه های بتنی ساخته شده:

سال ۱۹۹۵ زلزله در Hugoken-Nanbu4 که زلزله مهیبی بود، باعث کشته و مجروح شدن انسانهای زیادی شد. ساختمانهای بسیاری آسیب جدی دیدند و ساختمانهایی که قبل از سال ۱۹۸۱ و مخصوصاً قبل از ۱۹۷۱ ساخته شده بودند، خسارت شدیدی را متحمل گردیدند و حتی برخی از آنها فرو ریختند. این امر نشانگر این است که آیین نامه و مقررات قدیمی برای طراحی ساختمان بنحو مناسبی نیروهای زلزله و شکل پذیری سازه ای را در نظر نگرفته اند. در سال ۱۹۹۹ زلزله در chi-chi تایوان نیز باعث زیان فراوان و تخریب بسیاری از سازه ها شد. دوباره این ساختمانهایی که قبل از سال ۱۹۸۳ طراحی و ساخته شده بودند، تخریب شدند و بعد از زمین لرزه ۱۹۹۹ تمام مقررات و آیین نامه های زلزله مورد باز بینی قرار گرفته و همه مقررات قبلی لغو شدند. ضرایب لرزه ای منطقه ای در هرنایه تایوان تولید و ایجاد گردید. برای مثال شتاب زمین لرزه در منطقه Taichung از $g_{0.23}$ به $g_{0.33}$ افزایش یافت. در نتیجه تقریباً همه ساختمانها در Taichung مطابق با مقررات طراحی جدید احتیاج به مقاوم سازی پیدا کردند.

هدف این پروژه افزایش و بهبود بخشیدن مقاومت لرزه ای ساختمانهای بتن مسلح می باشد . این پروژه شامل سه زیرمجموعه است که شامل:

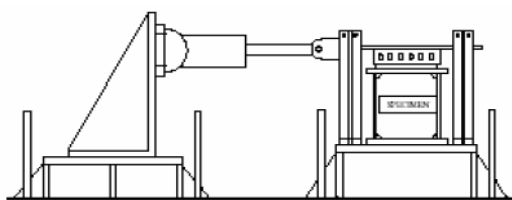
پیدا کردن و پی بردن به میزان کمبود مقاومت لرزه ای ساختمانهای بتن آرمه موجود بر اساس آیین نامه جدید مساله نیروهای وارد بر سازه کناری و همجوار بعثت تغییر مکانهای بیش از اندازه جانبی آنها
تحقیق در مورد دو روش برای جذب انرژی توسط پانلهای برشی فولادی و بادبند فولادی برای بهبود مقاومت لرزه ای سازه های موجود.

۴- مشخصات لرزه ای پانلهای برشی فولادی با نقطه تسلیم پایین (LYP)

استفاده از دیوار برشی فولادی باعث بهبود مقاومت لرزه ای سیستم در طراحی ساختمانهای جدید و مقاوم کردن ساختمانهای ساخته شده می شود. صفحات فولادی نازک تمایل به کماتش دارند و از این رو ظرفیت جذب انرژی در این صفحات محدود است. اخیراً روشهای جدید و تکنولوژی های بدست آمده در زمینه فلزات ، صفحات فولادی جدید را در دسترس ما گذاشته است. این نوع فولاد دارای تنش تسلیم کمتر افزایش طول بالا می باشد و توانایی تغییر شکل دادن و جذب انرژی بیشتری را قبل از شکستن از خود نشان می دهند . یکی دیگر از ویژگیهای آن پایین بودن نقطه تسلیم است که این باعث افزایش ناحیه پلاستیک آن می شود و باعث جذب بیشتر تنش می شود. پانلهای برشی فولادی ساخته شده از LYP توانایی جذب و اتلاف انرژی زیادی را دارند ، و می توانند در ساختمانهای جدید مورد استفاده قرار گیرد. این نوع پانلها همانند دیوار برشی فولادی نسبت به نیروهای زلزله طراحی و ساخته می شوند. چون این پانلها دارای ویژگی جذب و اتلاف انرژی بالایی هستند ، می توان از آنها بعنوان میراگر برای میرا کردن انرژی لرزه ای استفاده کرد. این نوع میراگر فلزی در هنگام جذب انرژی استحکام کافی را دارند و همچنین نسبت به میراگرهای که در حال حاضر مورد استفاده قرار می گیرند، نیاز به نگهداری و تعمیر ندارد. نقطه تسلیم و نقطه نهایی صفحات LYP هر دو تحت تاثیر میزان کرنش وارده است. در این تحقیق تاثیر میزان کرنش و نحوه بارگذاری بر روی مشخصات مقاومت لرزه ای پانل صفحه ای مورد آزمایش قرار گرفته است. مجموعه آزمایشات انجام شده، مطالعه روی رفتار پانلهای برشی ساخته شده از فولاد LYP تحت سرعت های بارگذاری متفاوت و جابجایی های نموی است.

۴-۱- مطالعات آزمایشگاهی بروی پانل برشی فولاد LYP

پانل فولادی برشی ، ساخته شده از فولاد با نقطه تسلیم پایین، عامل موثری برای جذب انرژی زیادی است . با طراحی و ساخت مناسب پانلهای برشی فولادی می توان در جذب و تلف کردن مقدار زیادی از انرژی لرزه ای بهره برد. اما رفتار سازه ای این نوع پانل برشی متاثر از شدت کرنشی است. در نه نمونه تست شده در آزمایش می خواهیم رفتار آنها را در هر یک از نحوه بارگذاری متفاوت مورد ارزیابی قرار دهیم . شکل ۲ نحوه طراحی نمونه ها را نشان می دهد. شکل ۳ چگونگی آزمایش ها را نشان می دهد. در این نمونه ها نسبت عرض به ضخامت پانل ۵۰ گرفته شده است. لبه های بیرونی اعضا به خاطر جلوگیری از ترک خوردن اتصالات بین لبه و پانل و صفحه پای ستون تراشیده شده است . این کار بخاطر اجتناب تمرکز تنش و سوق دادن صفحه به ناحیه پلاستیک که قبلاً بحث آن را کردیم . در این تحقیق تاریخچه بارگذاری پانل برشی فولادی آزمایش و بررسی شده است. سه سرعت بارگذاری ۲،۵ و ۵ و ۱۰۰ mm/sec انتخاب شده است.

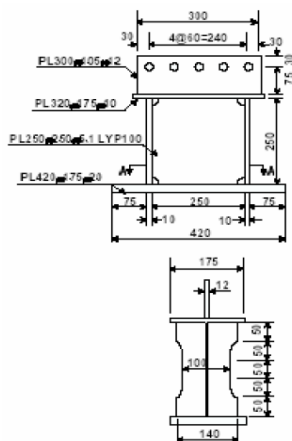


شکل ۲- نحوه آزمایش

برای دستیابی به سرعت کرنشی این نمونه ها بارگذاری تدریجی به جای بار لرزه ای اعمال می شود . برای هر سه حالت متفاوت جابه جایی δy ، $2\delta y$ و $3\delta y$ را در هر دوره بارگذاری آزمایش را می پذیریم . آزمایش روی سازه تا زمانی که مقاومت به زیر ۸۰ درصد مقاومت نهایی رسید متوقف می شود. جدول ۱ نتایج آزمایشات را نشان می دهد.

۲-۴- بررسی در نتایج آزمایشات

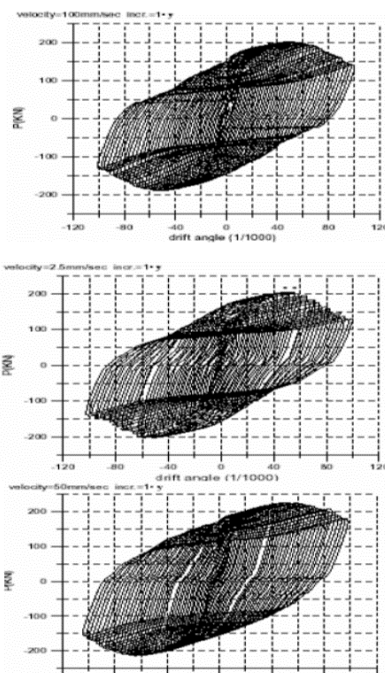
شکل ۴ رفتار حلقه‌ای هیستریسیس (hysteresis) پانل‌های برشی را نشان می‌دهد. مطالعات نشان می‌دهد که چرخش نسبی آن‌ها بیشتر از ۵٪ است که بیشتر از زاویه تغییر مکان جانبی مورد نیاز سازه می‌باشد که معمولاً چرخش نسبی سازه‌ها را ۲٫۵٪ که بیشتر از آن موجب تخریب در سازه می‌شود، در نظر می‌گیرند. با تغییر شکل اطراف المان و تغییر شکل مورد انتظار و زاویه تغییر شکل جانبی ۵٪ به نظر می‌رسد که برای پانل برشی کافی می‌باشد. بدیهی است که تمام نمونه‌های آزمایش شده زاویه تغییر مکان جانبی آنها بیشتر از ۵٪ خواهد بود که در جدول ۱ نشان داده شده است. در آن‌ها می‌توان دید که بارگذاری سریع و کند حدوداً ۱۶٪ تفاوت ایجاد کرده است.



شکل ۳- برشی طولی و عرضی نمونه

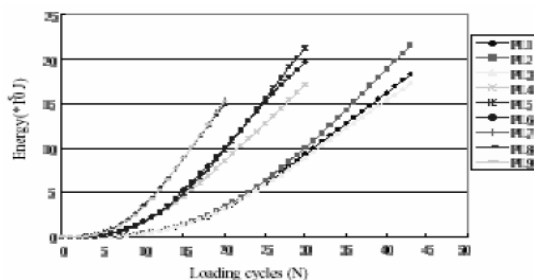
جدول ۱- نتایج آزمایشات روی دیوار برشی فولادی LYP

نمونه ها	Rad/sec	V (mm/sec)	افزایش جابجایی mm	مقاومت نهایی (Kn)		میانگین مقاومت نهایی	زاویه تغییر مکان جانبی (1/1000)
PL1	0.01	2.5	1.y	-203.55	205.45	204.5	60
PL2	0.01	2.5	2.y	-194.25	191.4	192.8	60
PL3	0.01	2.5	3.y	-186.85	223.08	204.9	75
PL4	0.2	50	1.y	-220.75	228.6	224.6	60
PL5	0.2	50	2.y	-212	208	210.0	70
PL6	0.2	50	3.y	-212	222	217.0	75
PL7	0.4	100	1.y	-189.7	202.59	196.1	50
PL8	0.4	100	2.y	-207.46	220.59	214.1	70
PL9	0.4	100	3.y	-214.5	232.26	223.4	75



شکل ۴- رفتار حلقه‌ای هیستریسیس پانل‌های برشی فولادی

تفاوت روی مقاومت نهایی پانل فولادی برشی LYP با افزایش بارگذاری یکنواخت، تأثیر نسبت بارگذاری بر روی مجموع ظرفیت استهلاک انرژی قابل صرف نظر کردن است. از شکل ۴ می‌توان دریافت که پانل فولادی آزمایش شده دارای استحکام و جذب انرژی قابل توجهی است و نسبت به دامنه تغییر مکان در شرایط بارگذاری یا تغییر در دامنه حرکت بی تفاوت است. مقدار انرژی تلف شده پانلهای برشی در هر شرایط بارگذاری لرزه‌ای ثابت می‌ماند مشخصات نمودار بار- جابه‌جایی پانل برشی شدیداً تحت تأثیر کماتش برشی صفحات نازک فولادی است. معمولاً مقاومت نهایی به تدریج بعد از اینکه کماتش برشی اتفاق افتاد، کاهش می‌یابد. ظرفیت تغییر شکل نهایی پانل برشی متأثر از نسبت عرض به ضخامت پانل است. در این مطالعه نسبت عرض به ضخامت نمونه آزمایش شده را ۵۰ می‌گیریم و شروع کماتش برشی وقتی اتفاق می‌افتد که زاویه تغییر شکل جانبی آن به ۴٪ برسد. تأخیر در کماتش برشی به تنهایی نشان دهنده افزایش ظرفیت شکلپذیری پانل برشی نیست اما کم شدن آسیب المان‌های غیرسازه‌ای وابسته و مربوط به پانل برشی است. شکل ۵ نشان دهنده مقدار انرژی ذخیره شده در تمام پانلهای آزمایش شده است.



شکل ۵- انرژی تجمعی در نمونه‌ها

در شکل ۵ مجموع انرژی تلف شده بستگی به بارگذاری و افزایش جابه جایی ندارد. چون که پریود لرزشی طبیعت تصادفی دارد این مطالعات نشان می دهد انرژی به نسبت تاریخچه با رگداری بی تفاوت است و این یکی از مزایای پائل برشی همانند میراگرهای لرزه ای است. در پانلهای برشی استهلاک انرژی موثر تحت چرخه بار گذاری تصادفی ثابت می ماند. پائل فولادی می تواند برای تقویت ساختمانهای موجود موثر باشد. مطالعات آزمایشی برای تقویت قابهای بتنی توسط میراگرهای برشی فولادی در قسمت بعدی توضیح داده می شود.

۵- مقاومت لرزه ای سازه ها با استفاده از مقاومت نهایی پایین در قابهای مهاربندی و

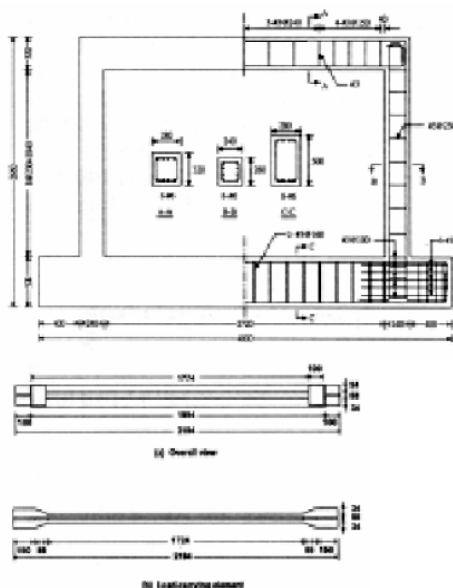
پائل های برشی

۵-۱- کماتش قاب مهاربندی شده (بادبند)

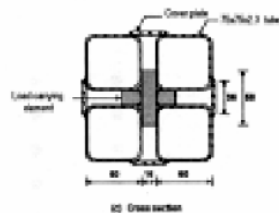
تجربیات قبلی نشان می دهد که ساختمانهایی که مطابق مقررات امروزی طراحی و ساخته نشده اند نمی توانند درمقابل نیروی زلزله مقاومت کرده و متحمل خسارت هایی می شوند. در تایوان این ساختمان ها اکثرا سازه های بتن آرمه هستند و نیاز به ترمیم برای بهبود مقاومت لرزه ای دارند. قابهای ممان گیر (BIB) و پائل های برشی فولادی ثابت شده که دارای مقاومت بالا و شکل پذیری بالا و حلقه های هیستریسیس ثابتی و پایداری دارد. قاب مهار شده با بادبند شامل المان های باربر و المانهای مهاربندی برای بارهای جانبی هستند. بارهای محوری توسط المانهای حمال (تیر) مهار می شوند و که تکیه گاههای جانبی المان کار جلو گیری از کماتش عضو را به عهده دارند. دیوار برشی فولادی ساخته شده از LYP مانند یک المان باربر برشی زمانی که به خوبی طراحی شود، می تواند رفتار خوبی در برابر نیروهای لرزه ای داشته باشد. در این تحقیق قابهای ممان گیر و دیوار برشی فولادی برای مقاوم سازی قابهای بتنی مورد استفاده شده اند و کارایی هر یک از آنها مورد آزمایش قرار می گیرد.

۵-۲- روش آزمایش

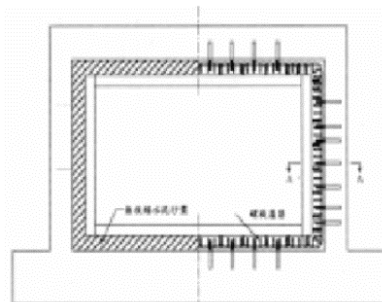
قاب بتنی با مقیاس ۰.۸ ساخته شده است. شکل ۶ جزئیات قاب بتنی را نشان می دهد. یکی از قابهای بتنی بدون تقویت تست می شود که طبق MRF طراحی شده است. دومین نمونه توسط بادبند، ساخته شده از فولاد LYP100 مهار شده که طبق BIBLYP طراحی شده است. سومین نمونه بادبند از فولاد A36 و طبق A36 BIB طراحی شده است. چهارمین نمونه توسط دیوار برشی فولادی ساخته شده از فولاد LYP100 مهار شده است. شکل ۷ جزئیات بادبند ساخته شده از LYP 100 را نشان می دهد. نقطه تسلیم بادبند فولاد A36 برابر با بادبند LYP است. جزئیات دیوار برشی فولادی را در شکل ۳ دیدیم. نقطه تسلیم دیوار برشی تقریباً با بادبند LYP برابر است. هر عضو تقویت کننده همانند بادبند و دیوار برشی فولادی متصل به قالب فولادی شکل که به بتن بسته است واز چهار تا H 200*200*8*12 شکل ساخته شده در شکل ۸ نشان داده شده است.



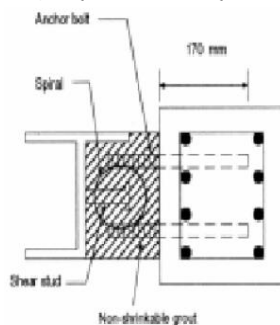
شکل ۶- جزئیات قاب بتن آرمه



شکل ۷- جزئیات بادبند با فولاد LYP



شکل ۸- نحوه اتصال قاب فولادی به قاب



شکل ۹- جزئیات اتصالات

جدول ۲- خصوصیات فولاد مصرفی

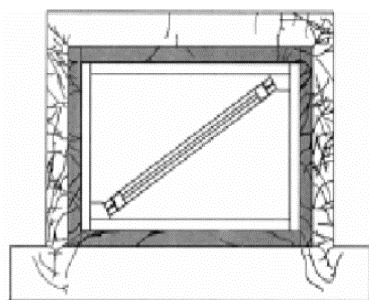
نوع فولاد	مقاومت نهایی Mpa	مقاومت کششی Mpa	افزایش طول برحسب درصد	مورد کاربرد
LYP - 16 mm	98.6	247	۴۸.۶	BIB-LYP
LYP - 5.1mm	95.7	275	۴۵.۲	دیوار برشی فولادی
A36 - 16mm	321	457	۲۸	BIB -A36
میلگرد نمره ۶	433	665	۲۲	قاب بتنی
میلگرد نمره ۳	418	601	۲۳	قاب بتنی
میلگرد ۴ میلی متری	259	358	۳۱	فولاد حلقوی

شکل ۱۴ نشان دهنده بار - جابه جایی های حلقه ای هیستریسیس قاب مورد آزمایش است . با مقایسه قاب بدون مهاربندی ، سخت کننده ها و مقاومت تمام تقویت کننده ها ی قاب به نتایج جالبی می رسیم. شکل ۱۵ نشان دهنده نیروی محوری در مقابل تغییر شکل به صورت حلقه های هیستریسیس که برای بادبند با فولاد LYP و A36 رسم شده است می باشد. شکل ۱۶ نشان دهنده حلقه های هیستریسیس نیروی برشی در مقابل تغییر مکان افقی می باشد. آزمایش دیوار برشی فولادی نتیجه و واکنش غیر متقارن را به ما داد جدول ۳ خلاصه نتیجه آزمایش را بیان می کند.

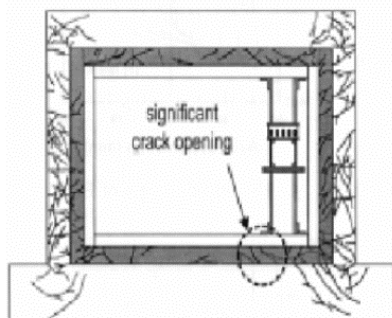
در آن محور کوچکتر H در قاب بتنی فرو رفته است. گل میخ های برشی به صفحات جان H شکل جوش داده می شوند. بادبند ها و دیوار برشی فولادی به این صورت در طول قاب فولادی به قاب بتنی متصل می شود ، که درون قاب فولادی وبتنی قرار می گیرد. مشخصات مکانیکی فولاد استفاده شده در لیستی در جدول ۲ آمده است. ومقاومت فشاری بتن در هنگام آزمایش ۲۱/۸ و ۲۰/۷ و ۲۵ و ۳۳/۷ Mpa به ترتیب برای MRF و BIB-LYP و BIB-A36 و SSW-LYP بدست آمده است. بارگذاری چرخه ای بطور رفت و برگشت از طریق جک که کاملاً به تیر محکم گشده وارد می شود، مطابق شکل ۱۰ و تیر همیشه تحت فشار قرار می گیرد.

۳-۵- نتیجه آزمایش و تحقیق

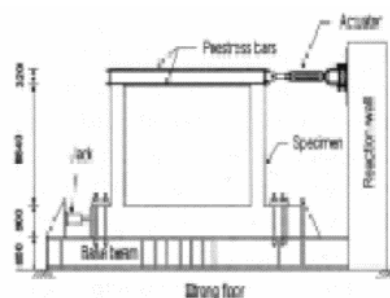
شکلهای ۱۱ تا ۱۳ نشان دهنده ترکهای نمونه های بادبند LYP و بادبند با فولاد A36 و دیوار برشی فولادی به ترتیب تقریباً زاویه جانبی ۲.۵٪ قرار می گیرند. جمع شدگی قطری بادبند از نوع LYP و A36 که هر دو تحت فشار و کشش قرار می گیرند در نتیجه ترکهای گسترده ای در ستون ایجاد می شود. دیوار برشی فولادی از نوع LYP تغییر شکل غیر متقارنی از خود نشان داده است . زمانی که بار از طرف راست اعمال می شود در اثر لنگر خمشی در نقطه ای که در شکل ۱۳ نشان داده شده است قاب فولادی از قاب بتنی جدا می شود.



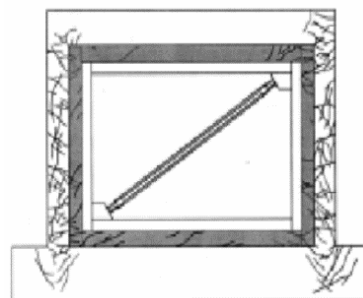
شکل ۱۱- ایجاد ترک در قاب بتنی تقویت شده با بادبند با چرخش نسبی ۲٫۷٪



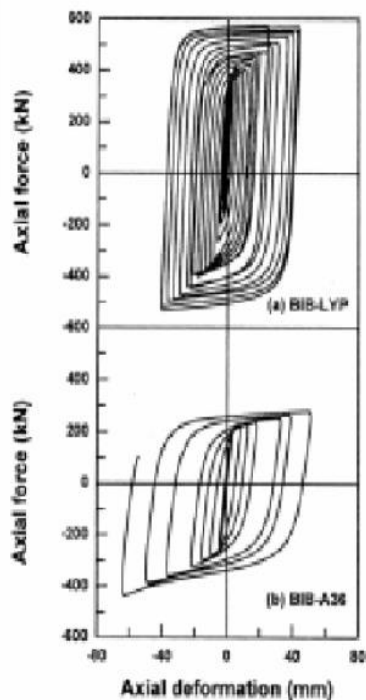
شکل ۱۳- ایجاد ترک در قاب بتنی تقویت شده با دیوار برشی فولادی با چرخش نسبی ۲٫۷٪



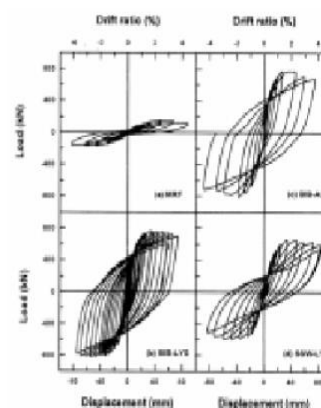
شکل ۱۰- نحوه آزمایش LYP



شکل ۱۲- ایجاد ترک در قاب بتنی تقویت شده با بادبند A36 با چرخش نسبی ۲٫۷٪



شکل ۱۴- حلقه‌های هیستریس قاب‌های بتنی

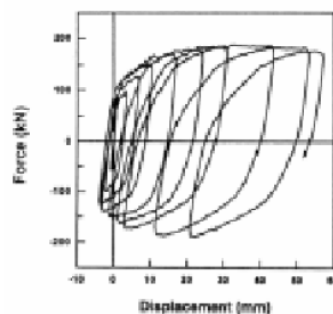


شکل ۱۵- حلقه‌های هیستریس بادبندها

نتایج آزمایشات نشان می‌دهد که ممانعت از کمانش بادبند و دیوار برشی فولادی در تقویت قابها موثر است. سختی و مقاومت و شکل پذیری قاب‌ها بعد از تقویت کردن آنها بصورت جزئیات اتصال بین قاب بتنی و قاب فولادی بادبند عامل موثر است و ساخت آسانی دارد. بادبندها باعث بهبود مقاومت و شکل پذیری می‌شود. بهر حال جزئیات تقویت کننده‌های قابها برای دیوار برشی فولادی نیاز به مطالعات زیادی دارد.

جدول ۳- نتایج آزمایش‌ها

Specimen	P_y (kN)	Δ_y (mm)	P_{peak} (kN)	γ'_p (%)	SF (%)	DF
MRF	116	21.3	163	1.51	100	1.66
BIB-LYP	324	3.9	798	0.48	490	5.21
BIB-A36	328	5.4	797	0.66	490	3.79
SSW-LYP	322	7.7	631	0.75	390	3.33



شکل ۱۶- حلقه‌های هیستریس دیوار برشی فولادی

نتیجه گیری

۱- مقاومت تسلیم و مقاومت نهایی فولاد LYP متاثر از نسبت کرنشی است. مقاومت نهایی پانلهای برشی ساخته شده از فولاد LYP به سرعت بارگذاری آن بستگی دارد. در این مطالعه اختلاف مقاومت نهایی با سرعت بالا و کم حدوداً ۱۶٪ است. یعنی اگر سرعت بارگذاری به طور سریع باشد ۱۶٪ بیشتر از حالتی است که بطور کند بارگذاری شود.

۲- ساخت و طراحی صحیح پانلهای برشی ساخته شده از فولاد LYP فولاد به چرخش نسبی ۵٪ رسیده است که لازمه اتلاف انرژی بالایی است.

۳- تحت بارپا نل برشی ابتدا تسلیم موضعی رخ می دهد و با افزایش بار کمانش پانل رخ می دهد و در نتیجه پانل به بیرون قوس ورداشته و باعث کشش مقطع می شود. بعد از تسلیم شدن کامل پانل نوارهای بیرونی صفحه از همه آخر باعث جذب انرژی می شود. یعنی ابتدا وسط صفحه باعث جذب انرژی شده و کم کم که به نقطه تسلیم می رسند این جذب انرژی به طرف پانل منتقل می شود که در آخر تمام صفحه به نقطه تسلیم می رسند. که باعث اتلاف و جذب انرژی بسیار زیادی می شوند.

منابع

۱. کتاب مقدمه ای بر دیوار برشی فولادی نوشته دکتر سعید صبوری
2. Astaneh-Asl, A. (2000). "Steel plate shear walls," U. S.-Japan Workshop on Seismic Fracture Issues in Steel Structure, San Francisco.
3. Seismic Assessment and Strengthening Method of Existing RC Buildings in Response to Code Revision
4. Shun-Tyan Chen -Van Jeng- Sheng-Jin Chen-Cheng-Cheng Chen

بررسی پایداری و دوام مکانیزم‌های خود ترمیمی بررسی پیشرفت‌های اخیر در بتن و آسفالت خود ترمیم شونده^۱

تاریخ دریافت: ۹۹/۰۸/۱۲

تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۹/۰۴

کد مقاله: ۷۳۱۸۴

مسعود عامری^۲

چکیده

زیرساخت‌ها از مصالح مختلفی ساخته می‌شوند. این مقاله به بررسی سازه‌های موجود در مهندسی عمران به خصوص بتن و آسفالت می‌پردازد. انتظار عموم از چنین زیرساخت‌هایی، خدمت‌پذیری و کارایی بالا، دوام زیاد و اثرات منفی اکولوژیکی بسیار محدود می‌باشد. استفاده از مصالح خود ترمیم شونده باعث ایجاد راه‌حلهایی برای حل این مسئله شده است. همچنین مروری کلی بر توسعه و پیشرفت‌های جدید حاصل‌شده در مورد اثر خود ترمیمی ترک‌ها در مصالح سیمانی و بتن آسفالتی انجام می‌شود. اولین طرح مورد بحث در مورد بتن باکتریایی می‌باشد که طی آن باکتری‌ها در بتن مخلوط می‌شوند و باعث ایجاد رسوب کلسیت در ترک می‌شود که باعث آب‌بندی شدن و افزایش دوام سازه‌های بتنی می‌شود. در حالت بعد، مصالح سیمانی مسلح فیبری هیبریدی که می‌توانند به صورت مکانیکی ترک‌ها را در حین وقوع ترمیم نمایند، مورد بررسی قرار می‌گیرند. آخرین ترکیب ارائه‌شده در این مقاله در مورد لکه‌گیری در بتن آسفالتی متخلخل و نحوه ترمیم خرابی توسط ایجاد غلاف‌های بسیار کوچک محصورشده یا رشته الیاف‌های فولادی می‌باشد. نتایج حاصل‌شده از تمام پروژه‌های نشان می‌دهند که پدیده خود ترمیم شونده یک معجزه نیست، اما می‌توان مصالح را با استفاده از این پدیده طراحی نمود.

واژگان کلیدی: خود ترمیمی، بتن، آسفالت

1- Erik Schlangen, Senot Sangadji (Authors)

۲- کارشناسی ارشد عمران-سازه، دانشگاه امیرکبیر، ایران (مترجم)

۱- مقدمه

به طور کلی، انتظار عموم از زیرساخت‌ها، خدمت‌پذیری طولانی نه تنها به مدت ۵۰ سال بلکه برای همیشه می‌باشد. با این وجود، بسیاری از زیرساخت‌های احداث شده از قبیل ساختمان‌ها، سازه‌های بتنی و امکانات حمل‌ونقل که نیمه دوم قرن اخیر ساخته شده‌اند، به دلیل خرابی و اضمحلال مصالح، در انتهای دوره عملکردی و کاربردی خود قرار دارند. در طرف مقابل، رشد بسیار زیاد جمعیت شهری باعث افزایش تقاضای عمومی همراه با خدمت‌دهی به نیازهای خود در یک سطح سرویس بالا شده است. ون بروگل (۲۰۰۷) نموداری را که نشان‌دهنده کارایی سازه‌ها با گذشت زمان می‌باشد، نشان می‌دهد. خرابی تدریجی تا زمان فرا رسیدن اولین موعد تعمیر و ترمیم ادامه می‌یابد. هر چند که هنوز نگرانی در مورد دوام زیرساخت‌های تحت تعمیر وجود دارد. اغلب تعمیر و ترمیم دوم، ده تا پانزده سال پس از تعمیر اول مورد نیاز می‌باشد. صرف هزینه‌های بیشتر در ابتدا به منظور رسیدن به کیفیت بالاتر صورت می‌گیرد. دوره نگهداری آزاد (بدون محافظت‌های خاص) طولانی‌تر شده و اولین تعمیر اصلی می‌تواند سال‌ها به تعویق بیفتد. بسیاری از دانشمندان و مهندسين در جستجوی مؤلفه‌های اصلی و مهم جهت طراحی سازه‌ها با دوام بالاتر و دوره نگهداری آزاد بیشتر و البته هزینه کمتر می‌باشند. جامعه هزینه‌های هنگفتی را به دلیل کیفیت پایین و دوام نامناسب بتن و راه‌ها و اثرات اکولوژی آن، هزینه کرده است. در اروپا، ۵۰٪ بودجه سالانه عمرانی، صرف بازسازی و بهسازی سازه‌های موجود می‌شود. در آمریکا، متوسط هزینه نگهداری و تعمیر پل حدود ۵٫۲ میلیارد دلار می‌باشد. علاوه بر این، هزینه‌های ناشی از تراکم ترافیک بیش از ده برابر هزینه‌های مستقیم و هزینه تعمیر می‌باشد. همچنین بر اساس اطلاعات DEFRA، بیش از ۵۰٪ از انتشار CO_2 در ارتباط با احداث ساختمان و به طور کلی صنعت ساختمان می‌باشد.

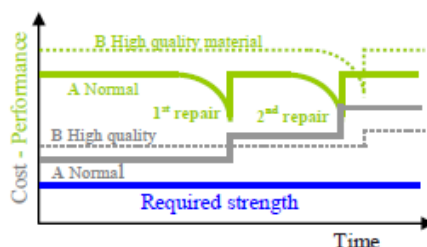


Figure 1. Performance and cost, including direct repair cost, versus elapse time for (A) normal and (B) high quality infrastructure. External economic parameter neglected (adapted from (Van Breugel 2007)).

طبق گفته ون بروگل (۲۰۰۷)، افزایش طول عمر زیرساخت‌ها، بدون شک باعث کاهش اثر فعالیت‌های انسانی بر دوام و ثبات زیست کره می‌شود. به عنوان مثال، دوره عمر بهبود یافته خدمت‌پذیری یک ابر سازه باعث کاهش تقاضا جهت احداث زیرساخت‌های جدید و به تبع آن کاهش استفاده از مواد خام می‌شود. بر همین اساس، باعث کاهش مصرف انرژی و کاهش انتشار گاز CO_2 می‌گردد. با توجه به مصالح تلاش برای افزایش عمر دوره خدمت‌پذیری زیرساخت را می‌توان با استفاده از مصالح مرغوب شامل مواد خود ترمیم شونده بهبود بخشید. طبیعت درس‌های بسیاری را در مورد مواد بیولوژیکی با توجه به قابلیت‌های خود ترمیمی موجود در آنها به منظور رسیدن به عملکرد قبلی ارائه می‌کند. طبق الگوی مدیریت خرابی مشاهده شده در طبیعت که توسط ون در زواگ (۲۰۰۷) ارائه شده است، بسیاری از دانشمندان از مواد خود ترمیم شونده که مدل کوچکی از خصوصیات یک سیستم بیولوژیکی می‌باشند، استفاده کرده‌اند. بسیاری از روش‌ها و تکنیک‌ها بر اساس خصوصیات ذاتی متفاوت مصالح گوناگون توسعه یافته‌اند. با این وجود ویژگی مشترک این مواد قابلیت خود ترمیم شوندگی در برابر خرابی‌های موجود و بدین ترتیب بازسازی پیوسته عملکرد آنها می‌باشد. این موضوع باعث افزایش دوره عمر مصالح می‌شود. برای یک زیرساخت حالت ایده آل عدم پرداخت هیچ گونه هزینه جهت نگهداری و تعمیر می‌باشد، زیرا مصالح قادر به ترمیم خود می‌باشند که در شکل ۲ نیز نشان داده شده‌اند (ون بروگل ۲۰۰۷).

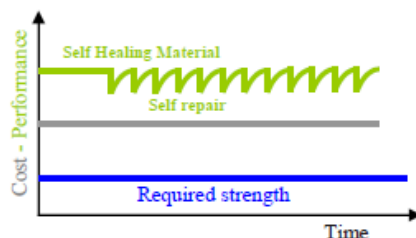


Figure 2. Performance and cost versus elapse time for structure built with self healing material. Inflation and interest ignored (adapted from (Van Breugel 2007)).

در گذشته، تحقیقاتی با موضوع خود ترمیمی بتن انجام شده است. نویل (۲۰۰۲) خلاصه مفیدی از تحقیقات خود درباره این موضوع را ارائه کرده است. او از روش اجرایی ترمیم خود به خودی در کاهش انتقال آب در ترک‌ها از قبیل لوله های آبی بتنی استفاده کرده است. همچنین نویل از تحقیق خود این طور نتیجه گرفته است که هیچ سازگاری در تحقیقات مختلف در مورد آنچه که در ترک‌ها هنگام وقوع خود ترمیمی رخ می‌دهد، وجود ندارد و بدین ترتیب انجام تحقیقات بیشتر مورد نیاز می‌باشد. تحقیقات اولیه در مورد اثر خود ترمیم شونده‌گی بتن بر روی سازه‌های حائل آبی و یا مخازن که نشأت آب از طریق ترک‌ها معضل اصلی این سازه‌ها به شمار می‌رود، انجام شده است (ادواردسن ۱۹۹۹، رین هارت و جوس ۲۰۰۳). در تحقیق ترهید (۲۰۰۵) و گرانر (۲۰۰۶)، توجه اصلی در مورد بازیابی خصوصیات مکانیکی ترک‌ها در روزهای اولیه ساخت بتن از طریق پیشرفت هیدراسیون ذرات سیمانی می‌باشد. ترهید (۲۰۰۵) مرور مناسبی بر دلایل مختلف خود ترمیمی خود به خودی (شکل ۳) ارائه می‌کند که طی آن یک ماده دارای ماهیت خود ترمیمی می‌باشد. از طرف دیگر، مصالح می‌توانند به گونه ای طراحی شوند که دارای یک ظرفیت خود ترمیم شونده‌گی باشند (اشلانگن و جوزف ۲۰۰۸). سپس ما آن‌ها را به مصالح مستقل طبقه بندی می‌کنیم که مجدداً می‌توانند به حالت محرک و مقاوم تبدیل شوند. یک ماده دارای حالت مقاوم توانایی واکنش در برابر تحریکات خارجی را بدون نیاز به دخالت انسان دارا می‌باشد، در حالی که در حالت محرک ماده یا سازه به منظور کامل کردن فرآیند ترمیمی نیاز به دخالت دارند.

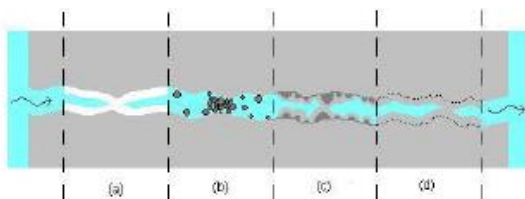


Figure 3. Possible causes of self healing: (a) formation of calcium carbonate or calcium hydroxide, (b) sedimentation of particles, (c) continued hydration, (d) swelling of the cement-matrix (Ter Heide 2005).

در ۵ سال اخیر استفاده از توانایی خود ترمیمی مصالح در مورد اکثر مصالح بیش از پیش مورد توجه قرار گرفته است (ون در زواگ ۲۰۰۷، گاش ۲۰۰۸). برای مصالح سیمانی می‌توان از روش دیگری نیز بهره برد. در اولین نوع از روش‌ها از درزگیرهای کپسولی (محفظه ای) یا مواد چسبنده استفاده می‌شود (درای ۲۰۰۰). می‌توان مواد چسبنده را در فیبرهای کوتاه نگهداری کرد (نیشیواکی ۲۰۰۶، جوزف ۲۰۰۸، جوزف و همکاران ۲۰۰۸). روش دیگر استفاده از یک عنصر انبساطی در بتن می‌باشد که باعث پرشدن خلل و فرج های بتن و همچنین ترک‌ها به وسیله رسوبات کربنی می‌شود (هوسادا ۲۰۰۷، سیسومفون ۲۰۰۹). استفاده از باکتری جهت برانگیختن مکانیزم خود ترمیم شونده‌گی به عنوان جایگزین اما محتمل در گروه های مختلف مورد مطالعه قرار می‌گیرد (بنگ ۲۰۰۱، یانکرز و اشلانگن ۲۰۰۷، دی مونیک ۲۰۰۸، ویکتور و یانکرز ۲۰۱۱). در این مقاله برخی از پیشرفت‌های اخیر در مورد سه پروژه موجود در دانشگاه دلفت مورد بحث قرار می‌گیرد. در ابتدا بتن باکتریایی که در آب بندی ترک‌ها و افزایش دوام بتن نقش مهمی را ایفا می‌کند، مورد بحث قرار می‌گیرد. سپس اثر ترمیمی ناشی از خرابی در مصالح تقویت شده فیبری با افزودن عناصر مختلف به مخلوط مورد بررسی قرار می‌گیرد. سومین پروژه در مورد بتن آسفالتی می‌باشد که در مورد آن دو روش هوشمند مورد مطالعه قرار می‌گیرد. در یک مورد ذرات متخلخل شامل احیا کننده ۱ به منظور شروع فرآیند ترمیم شونده‌گی خودبه خودی مقاوم مورد استفاده قرار می‌گیرند. در مورد دیگر رشته های براده فولاد ۲ با قیر ۳ که دارای واکنش گرمایی با استفاده از یک دستگاه اندوکسیون می‌باشد، مخلوط می‌شوند. این گرمایی داخلی می‌تواند باعث تعمیر و ترمیم خرابی در مصالح گردد. این روش به صورت یک روش ترمیم شونده‌گی خود به خودی محرک خواهد بود، به این دلیل که جهت شروع فرآیند، تحریک (بارگذاری) خارجی مورد نیاز است.

۲- پروژه های خود ترمیم شونده

۲-۱- بتن زیستی^۴

در این مقاله ظرفیت باکتری به عنوان یک ماده خود ترمیم شونده در بتن مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. هر چند که ایده افزودن باکتری در بتن ممکن است در ابتدا عجیب به نظر برسد، اما منظور از بررسی آن، ارزیابی میکروبیولوژی آن نمی‌باشد. باکتری‌ها تقریباً به طور طبیعی در همه جای کره زمین نه تنها بر روی سطح آن بلکه در اعماق آن مثل حضور در رسوبات و صخره ها در عمق بیش از ۱ کیلومتر حضور دارند. گونه های مختلفی از باکتری‌های اکستروموفیل یعنی باکتری‌هایی که علاقه مند به حداکثر شدن می‌باشند، در محیط های خشک از جمله بیابان ها و همچنین درون صخره ها یافت می‌شوند. مشخصه باکتری‌های موجود

- 1 rejuvenator
- 2 Steel wool
- 3 bitumen
- 4 Bio-concrete

در محیط خشک و یا گونه های باکتریایی مقاوم قلیایی، توانایی جهت تشکیل غشاهای درونی می باشد. این سلول های مخصوص که به وسیله یک فعالیت متابولیک بسیار ناچیز ایجاد می شوند، قادر به تحمل تنش های شیمیایی و مکانیکی می باشند و برای دوره های بیش از ۲۰۰ سال پایدار و مقاوم می باشند. در برخی از نشریات، کاربرد باکتری ها جهت تمیز کردن سطح بتن به اثبات رسیده است (موینگ ۲۰۰۸) و همچنین افزایش مقاومت ملات ماسه - سیمان^۱ گزارش شده است (بنگ ۲۰۰۱).

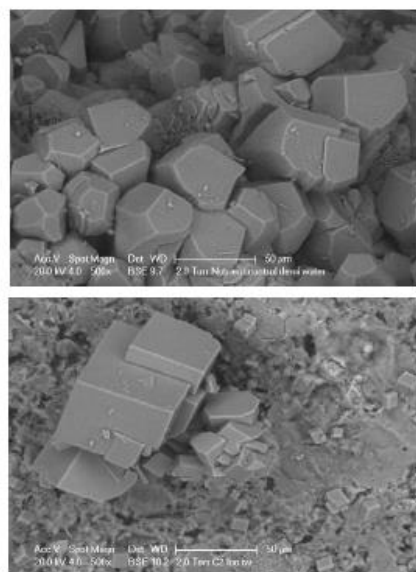


Figure 4. Biominerals observed by ESEM

هر چند که نتایج قابل اطمینانی حاصل شده اند، مانع اصلی در مورد مطالعات اخیر این است که باکتری و ترکیبات مورد نیاز برای رسوب معدنی می توانند تنها به صورت خارجی بر روی سطح سازه ها پس از وقوع ترک رخ دهند. الزام این موضوع به دلیل عمر محدود (از چند ساعت تا چند روز) فعالیت آنزیمی و امکان ادامه حیات گونه های باکتریایی اعمال شده می باشد. در این تحقیق، کاربرد باکتری غشائی مقاوم قلیایی جهت بهبود ظرفیت خود ترمیم شوندگی بتن مورد بررسی قرار می گیرد. مشخصه های مقاومت کششی و فشاری مخلوط اصلی (بدون افزودن باکتری) و بتن باکتریایی قابل تعیین می باشند (یانکرز و اشلنگن ۲۰۰۷). علاوه بر این، امکان ادامه حیات باکتری بدون تحرک در بتن تعیین می شود و در نهایت، ظرفیت رسوب کلسیتی بتن باکتریایی به وسیله تحلیل ESEM نشان داده می شود. در شکل ۴ کریستال های کلسیتی توسط رسوب باکتریایی نشان داده شده است.

نتایج گسترده این مطالعه در قسمت دیگر منتشر شده است. تا به امروز نتایج اصلی این تحقیق به صورت آزمایشات انجام شده در باکتری های غشائی قلیایی در ترکیب با مخلوط بتن می باشد که باعث تشکیل رسوب کلسیم کربنات می شود. آب مورد نیاز جهت شروع فعالیت ساختار بتنی می تواند باعث تشکیل ترک های تازه شود.

علاوه بر این، در مورد رسوبات معدنی، سلول های فعال نیاز به تشکیل زیرلایه های ارگانیک که می توانند به صورت متابولیک تبدیل به کربن غیر ارگانیک که قابل رسوب دهی با کلسیم آزاد موجود در کلسیم کربنات می باشد، دارند. کلسیم آزاد معمولاً در مخلوط بتن حضور دارد، اما کربن ارگانیک همواره در مخلوط حضور ندارد. در آزمایشات اولیه، کربن ارگانیک به صورت خارجی به عنوان قسمتی از محیط واکنش دهنده اعمال می شود، در حالی که به صورت ایده آل باید به عنوان قسمتی از مخلوط بتنی وارد واکنش شود. در این مورد تنها استفاده از آب جهت فعال سازی بتن باکتریایی غیر فعال مورد نیاز می باشد. با افزودن آب باکتری تبدیل کربن ارگانیک در مخلوط بتن به کلسیم کربنات می شود که باعث آب بندی ترک های تازه تشکیل شده نیز می گردد. بنابراین استفاده از دو ترکیب ترمیم کننده زیست-شیمیایی متشکل از سلول های باکتری و ترکیب ارگانیک زیست سیمانی مناسب است. هم سلول ها و هم خوراک در مخزن متخلخل گسترش یافته غیر فعال می شوند. در این صورت سلول ها و باکتری ها در حین تولید و سخت شدگی بتن مورد حفاظت قرار گرفته و برای مدت طولانی تا زمان انجام خود ترمیم شوندگی زنده خواهند ماند.

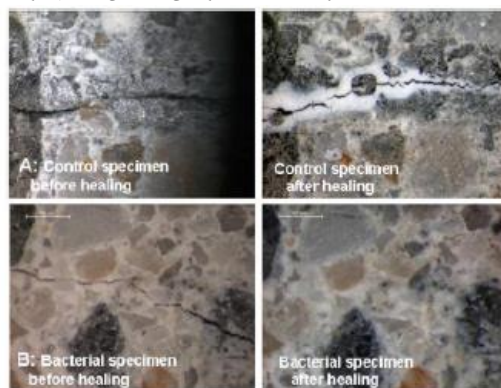


Figure 5. Cracked concrete specimens containing porous aggregates with food only (A) (top) and food plus bacteria (B) (bottom). The left figures are before and the right figures are after the healing.

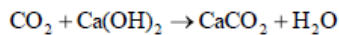
صفحات بتنی آماده شده شامل سنگ دانه های متخلخل^۲ پر شده توسط ترکیب حاصل از باکتری و مخلوط می باشند. نمونه ها طی ۵۶ روز عمل آوری شده^۳ و سپس با استفاده از آزمایش بارگذاری شکافت کششی به منظور تشکیل ترک های جزئی مورد

1 Cement-sand mortar

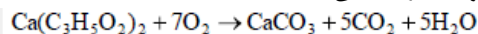
2 Porous aggregate

3 cure

آزمایش قرار می گیرند. پس از تشکیل این ترک‌ها، نمونه‌ها در توپک‌های نفوذ پذیر آزمایشی که طی آن آب از یک طرف نمونه به مدت ۲۴ ساعت به آن اعمال می‌شود، قرار می‌گیرد. این نتایج در (یانکرز ۲۰۰۹) مورد بحث و بررسی قرار گرفته است. نتیجه این آزمایش نشان می‌دهد که ترمیم ترک‌ها در بتن باکتریایی بسیار کارا تر از بتن با ترکیبات مشابه اما بدون افزودن ماده ترمیم شونده بیوشیمیایی می‌باشد. دلیل این موضوع را می‌توان توسط فرایندهای شیمیایی سخت در حالت کنترل و انجام فرایندهای بیولوژیکی اضافی در بتن باکتریایی تفسیر نمود. در سطح ترک خورده بتن مورد آزمایش، برخی از ترکیبات کلسیم کربنات به دلیل واکنش CO_2 در ترک با کلسیم هیدروکسید موجود در مخلوط بتن طبق واکنش زیر ایجاد می‌شوند:



میزان کلسیم کربنات تولید شده در این حالت به دلیل میزان محدود CO_2 ناچیز می‌باشد. از آنجایی که کانی پرتلندیت (کلسیم هیدروکسید) به صورت یک ماده معدنی محلول می‌باشد در حقیقت بیشتر ترکیبات ایجاد شده آنها در ترک در توده آب اصلی حل و پراکنده می‌شوند. هر چه قدر که میزان CO_2 بیشتر باشد، پرتلندیت حل شده به صورت رسوب به شکل کلسیم کربنات خواهد بود، اما اندکی دور تر از ترک ایجاد می‌شود که در شکل 5A نشان داده شده است. فرآیند خود ترمیم شونده در بتن باکتریایی به دلیل تبدیل متابولیک کلسیم توسط باکتری‌های موجود، بسیار مفید می‌باشد:



این فرآیند صرفاً کلسیم کربنات را به طور تولید نمی‌کند، بلکه به صورت غیرمستقیم باعث ایجاد CO_2 با پرتلندیت در سطح ترک می‌شود. در حالت آخر پرتلندیت در سطح ترک حل و یا از سطح آن پراکنده نمی‌شود اما به جای آن به صورت مستقیم در یک نقطه با CO_2 تولید شده باعث ایجاد کلسیم کربنات اضافی می‌شود. این فرآیند باعث ایجاد آب بندی ترک همانند شکل 5B می‌گردد. نتیجه این عمل این است که دو ماده ترمیم کننده بیوشیمیایی متشکل از سلول‌های باکتریایی و پیش ماده بیو سیمانی ارگانیک که هر دو در فضای متخلخل ذرات رسی غیر فعال می‌شوند، نشان دهنده یک جایگزین مناسب نسبت به مواد ترمیم کننده سیمانی و شیمیایی می‌باشد.

۲-۲- بتن فایبری خود ترمیم شونده

به غیر از افزایش نفوذپذیری، بسیاری از محققین در جستجوی اثبات بازگشت خصوصیات مکانیکی بتن در نتیجه استفاده از مواد خود ترمیم شونده در بتن بوده‌اند. بنابه برخی از مطالعات گذشته (ادواردسون ۱۹۹۹، ترهید ۲۰۰۵، رینهارت و جوس ۲۰۰۳)، عرض ترک ماده بتنی جهت رخ دادن خود ترمیم شونده در بتن بسیار حائز اهمیت می‌باشد. عرض مناسب ترک جهت انجام خود ترمیمی کمتر از $200\mu m$ و ترجیحاً کمتر از $50\mu m$ مخصوصاً برای خود ترمیم شونده بر مبنای افزایش هیدراسیون در بتن می‌باشد. البته در عمل، تشخیص چنین ترک‌های بسیار ریز در سازه‌های بتنی معمولی بسیار دشوار می‌باشد. جهت دستیابی به عرض ترک کنترل شده و مناسب، نوع جدیدی از ترکیبات سیمانی تقویت شده سخت کرنشی تحت عنوان ترکیبات سیمانی مهندسی (ECC) توسط لی و همکاران او (۱۹۹۸) به ثبت رسیده است که طی ۱۵ سال اخیر به طور پیوسته توسعه و تکامل یافته است. ECC به صورت خود خواسته از تئوری میکرومکانیک جهت داشتن عرض ترک خود کنترل شده که به آرماتورها فولادی یا ابعاد سازه‌ای ارتباط ندارد، استفاده کرده است. همچنین فیبرهای استفاده شده در ECC جهت انجام واکنش با ملات به منظور ممانعت از شکست‌های ترد موضعی در مورد خرابی‌های دارای ترک‌های مویی، سازمان یافته می‌باشد. ECC با عرض ترکی به اندازه ۳۰ میکرون ایجاد می‌شود. با توجه به کنترل مناسب عرض ترک، لی و همکارانش (۱۹۹۸) به بررسی رفتار خود ترمیم شونده ECC در شرایط مختلف پرداخته‌اند. در آزمایشات آنها، نمونه‌های ECC از پیش ترک خورده در معرض شرایط محیطی متفاوتی شامل نفوذ آب و غوطه‌وری در آب، چرخه‌های خیس و خشک شدن و انباشتی کلریدی قرار می‌گیرند. خصوصیات مکانیکی انتقالی را می‌توان به طور گسترده مخصوصاً برای نمونه‌های ECC از پیش بارگذاری شده به کرنش کششی کمتر از ۱٪ رساند. به جز عرض ترک کم، نسبت کم آب/بinder علاوه بر میزان قابل توجه خاکستر بادی^۱ در مخلوط، باعث ایجاد خود ترمیم شونده به وسیله هیدراسیون و فعالیت‌های پوزولانی می‌شود. رفتار خود ترمیم شونده SHCC از پیش ترک خورده (ترکیبات سیمانی با سخت شدگی کرنشی)، موضوع اصلی آزمایشات و تحقیقات در دانشگاه دلفت بوده است. SHCC ها توسط مواد دورریختنی موجود (سرباره‌های کوره‌ای آهن‌گدازی^۲ و پودر سنگ آهک^۳) ساخته می‌شوند (کیان ۲۰۰۹). برای تیرهای SHCC از پیش ترک خورده دارای تغییر شکل بیش از 2.4mm با عمل آوری در آب و هوا به مدت ۲۸ روز، از آزمایشات خمش چهار نقطه‌ای استفاده می‌شود. نمونه غوطه‌ور در آب نشان دهنده ظرفیت تغییر شکل بالا و همچنین بازگشت سختی ناشی از مواد خود ترمیم شونده می‌باشد، در حالی که برای نمونه‌های عمل آوری شده در هوا چنین چیزی رخ نمی‌دهد. خصوصاً مکانیکی پس از خود ترمیم شونده در یک محیط دارای آب به حالت اولیه باز می‌گردند و ترک‌ها با مواد واکنش دهنده پر می‌شوند، شکل ۶. می‌توان از این بررسی، نتایج زیر را گرفت (کیان و همکاران ۲۰۰۹):

1 Fly ash

2 Blast furnace slag

3 Limestone powder

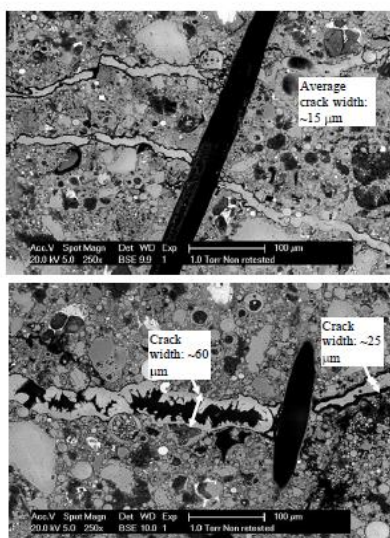


Figure 6. ESEM images of cracked SHCC samples cured in water.

۱. برای نمونه های غوطه ور در آب، ظرفیت تغییر شکل پس از خودترمیم شونده می تواند در مقایسه با نمونه های دست نخورده به حدود ۶۵٪ تا ۱۰۵٪ برسد، در حالی که این نسبت در بتن های عمل آوری شده در هوا حدود ۴۰٪ تا ۶۰٪ می باشد. علاوه بر این، سختی خطی اولیه نمونه خود ترمیم شده در مقایسه با نمونه عمل آوری شده در هوا به دلیل حضور مواد خودترمیمی ایجاد شده در ترک و تقویت فیبرهای اتصالی، بسیار بیشتر می باشد.

۲. مشاهدات حاصل از ESEM و XEDS نشان می دهد که ترک های مویی غوطه ور در آب به وسیله کلسیم کربنات ترمیم می شوند. همچنین ESEM بیان می کند که مواد خود ترمیمی در هر دو وجه ترک و درمیانه ترک رشد می کنند. این موضوع را می توان توسط تمرکز نسبتا بالای کلسیم هیدروکسید در نزدیکی سطح ترک به وسیله فرآیند پراکنده ساز حاصل از ماده سیمانی حجیم و سطح فرکتال تفسیر نمود.

۳. رفتار خود ترمیم شونده در SHOC بستگی زیادی به وجود سیمان غیرهیدراتی و دیگر مواد سیمانی جایگزین دارد. نسبت آب/سیمان کم و درصد زیاد مواد سیمانی باعث بروز رفتار خود ترمیم شونده می شود.

۴. ترک های مویی با عرض ترک کمتر در مخلوط های SHOC هنگام وقوع خود ترمیم شونده بر مبنای وقوع هیدراسیون ارجحیت دارند، به طوری که به مواد خود ترمیم شونده کمتری جهت پر کردن ترک نیاز دارند و برای مواد خود ترمیم شونده، رشد و انتشار از طریق دو وجه ترک بسیار راحت تر می باشد.

دو موضوع مهم دیگری که همچنان نیاز به بررسی بیشتر دارند، خود ترمیم شونده ترک های بزرگتر و عمل آوری نمونه ها در هوا می باشد. در شکل ۶ می توان دید که ترک های کوچک با عرض کمتر از ۱۵ میکرون جهت ترمیم ندارند. با این وجود قسمتی از ترک ها با عرض حدود ۶۰ میکرون می توانند به وسیله مواد ترمیمی پر شوند. جهت کاهش عرض ترک، اثر اضافه کردن میکروفیبرها در ترکیبات سیمانی تقویت شده PVA - فیبری مورد بررسی قرار می گیرد. میکروفیبرها، رشته های ایجاد شده از براده های فولادی یا ذرات سنگی به طول حدود ۲mm و قطر متوسط ۸ میکرون می باشند. این فیبرهای کوچک موجب توزیع ترک ها در مخلوط سیمانی و در نتیجه تشکیل ترک های کوچکتر و افزایش ظرفیت خود ترمیم شونده می شوند. دومین مورد منفی در مورد این فرآیند این است که مکانیزم خود ترمیم شونده حاصل از هیدراسیون تنها در حضور آب کارایی خود را دارد. جهت انجام خود ترمیم شونده در یک محیط خشک، دو روش در دست بررسی می باشد. فیبرهای گیاهی توخالی حاصل از حجم ذخیره بالای مایع می تواند به طور بالقوه برای یک بتن خود ترمیم شونده جدید مورد استفاده قرار گیرد. ایده این روش، استفاده از فیبرهای گیاهی به عنوان مخزنی برای مواد خود ترمیم شونده که می تواند آب یا چسب باشد، است. هنگامی که ترکی به وقوع می پیوندد، ماده خود ترمیم شونده در برابر ترک توزیع یا پراکنده می شود و در نهایت باعث خود ترمیمی ترک می شود. بر مبنای بررسی انجام شده، این طور نتیجه گیری شده است که خود ترمیم شونده ترک ها با استفاده از فیبرهای اندود شده چوبی که توسط ماده خود ترمیمی پر می شود، قابل انجام می باشد. قطر فیبرها حدود ۲۰۰ میکرون و طول آن حدود ۱۰mm می باشد (سیرا بلتران و اشلنگن، ۲۰۱۰).

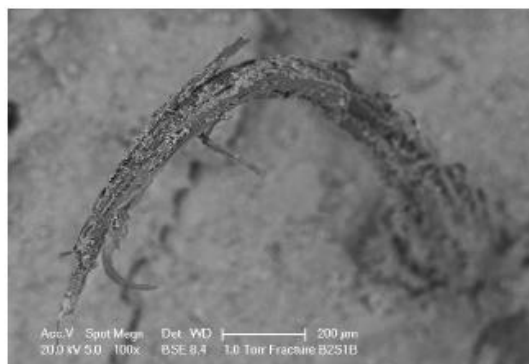


Figure 7. ESEM picture of a fibre-bundle broken in a delamination mode.

حالت بعد جهت ارتقای اثر خود ترمیم شونده در یک محیط خشک، استفاده از پلیمرهای فوق جذبی (SAP) در مخلوط می باشد. SAP ها با استفاده از آب در حین فرآیند اختلاط پر می شوند و به شکل حباب های آبی در بتن که می توانند برای هیدراسیون سیمان و اثر خود ترمیمی در مرحله بعد مورد استفاده قرار گیرند، شکل گیرند. SAP ها به عنوان یک افزودنی جهت

تعدیل انقباض^۱ خود به خودی در بتن مورد استفاده قرار می گیرند (جنسن ۲۰۰۱). ظرفیت خود ترمیمی SHCC، به وسیله افزودن این SAP ها در نمونه های ترک خورده موجود در آب بهیود می یابد (آنتونوپلو ۲۰۰۹، زیوپلوگو ۲۰۰۹). با این جود این SAP می توانند برای نمونه های قرار گرفته در هوا نیز به کارگرفته شوند. پس از وقوع اولین هیدراسیون، منافذ آبی خالی می شوند. در این صورت هنگام ترک خوردگی یک ماده در مرحله بعد، آبی وجود نخواهد داشت. اما پس از وقوع بارش بر روی سازه، SAP های قرار گرفته در ناحیه ترک خورده دوباره پر شده و سپس به آرامی آب را به منظور انجام فرآیند خود ترمیمی رها می کنند. این حالت، به صورت عملی و اجرایی نیز قابل انجام است که هم اکنون در دست بررسی می باشد (کیم و اشلنگن ۲۰۱۰) جهت بهینه کردن مکانیزم های خود ترمیم شونده در مصالح SHCC از مدلی استفاده می شود (اشلنگن و همکاران ۲۰۰۹) که از فیبرهای مجزا استفاده کرده و می تواند ترک های توزیع شده و رفتار شکل پذیر^۲ را شبیه سازی نماید.

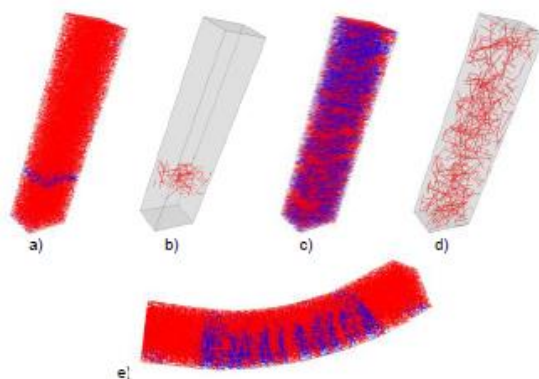


Figure 8. Simulations of SHCC material with fibres containing healing agent.

در شکل ۸، مثالی از شبیه سازی آزمایش کششی و آزمایشات چهار نقطه ای خمشی نشان داده شده است. در مدل شکل 8a و 8b، تنها از فیبرهای حاوی ماده خود ترمیم استفاده شده است. شکل 8a نشان دهنده الگوی ترک خوردگی و شکل 8b نشان دهنده آزاد شدن ماده ترمیمی از فیبرها می باشد. در شکل ها 8c و 8d از ماده ای هیبریدی شامل فیبرهای مکانیکی جهت کاهش عرض ترک و توزیع ترک ها و همچنین فیبرهای ترمیمی شامل ماده خود ترمیمی استفاده شده است. این طور نشان داده شده است که در حالت ترک خوردگی توزیع فیبرهای بسیار بیشتری در ماده فعال شده و ماده ترمیمی به شکل بسیار مناسب تر مورد استفاده قرار می گیرد. شکل 8e نشان دهنده یک حالت تحت خمش در یک نمونه شامل فیبرها به همراه فیبرهای مکانیکی و ماده ترمیمی می باشد. از شبیه سازی ها به منظور بررسی میزان فیبرها و میزان ماده ترمیمی به صورت بهینه استفاده شده است.

۲-۳- بتن آسفالتی متخلخل خود ترمیم شونده

پس از گذشت چند سال، آسفالت حاوی بیندر توسط عوامل محیطی بالاخص به دلیل تابش اشعه UV از خورشید، صدمه دیده و کارایی خود جهت چسباندن و پیوند دادن دانه های سطحی را از دست می دهند. این موضوع باعث ایجاد ترک ها و امکان نفوذ رطوبت به لایه های زیرین و ایجاد ناهمواری های سطحی، چاله ها، آسیب و گسیختگی نهایی سازه ای می شود. در حال حاضر، هیچ راه حلی جهت بستن ترک ها در لایه رویه روسازی وجود ندارد. هنگامی که اثرات و علائم پیرشدگی مشخص می شود، درزگیرها که باعث محافظت از سطوح آسفالتی در برابر آسیب های محیطی می گردد، به سطح اعمال می شود. در زمان های دیگر هنگام احیای آسفالت همراه با قابلیت تغییر خصوصیات شیمیایی قیر، به سطح اعمال می شود. تمامی این فرایندها می تواند باعث افزایش عمر آسفالت به مدت چند سال پیش از بهسازی و بازسازی لایه می شوند، هر چند از این جهت که صرفاً در چند سانتیمتر اول لایه مورد استفاده قرار می گیرند و باعث کاهش مقاومت در برابر لغزش می شوند، دارای نقایصی می باشند. عموماً این طور تصور می شود که راه های آسفالتی می توانند خود را ترمیم نمایند، اما این فرآیند در دمای محیط بسیار زمان بر بوده و صرفاً هنگامی صورت می گیرد که هیچ بار ترافیکی بر روی سطح وجود نداشته باشد. همچنین این طور نتیجه گیری شده است که میزان خود ترمیمی هنگامی که ماده در معرض دماهای بیشتر در حین دوره آسایش قرار می گیرد، بیشتر می شود. (بونار ۱۹۸۲). بنابراین یک پروژه با بررسی میزان افزایش خود ترمیم شونده جاده آغاز می شود که روش خوبی جهت افزایش طول عمر روسازی^۳ می باشد. به جهت ساده سازی، می توان قیر را به عنوان یک روغن بسیار غلیظ در نظر گرفت. هنگامی که ترکی به وقوع می پیوندد، بسیار سریع بسته می شود اما هنگامی که میزان غلظت غیر کاهش یابد، بسیار سریع تر انجام می شود. در این مقاله دو

1 shrinkage

2 Ductile behavior

3 pavement

ایده جدید مورد اشاره قرار رفته است: حرارت زایی بتن آسفالتی و میکروکپسول های پر شده توسط یک ماده خود ترمیم (گارسیا ۲۰۰۹). هر دوی این روش ها باعث افزایش میزان خود ترمیم شدگی بتن آسفالتی و در نتیجه افزایش عمر جاده می شوند.

۲-۳-۱- روش کپسولی (پوششی)

قیر را می توان به صورت یک ماده دو فازی دارای یک فاز مایع و جامد می باشد. با گذشت زمان، فاز مایع اکسید شده، ناپدید شده و باعث خشک شدن و شکننده شدن آسفالت می شوند. به منظور دوری از این اتفاق، از رقیق کننده ها در سطح جاده هنگام بروز نشانه های پیرشدگی جاده استفاده می شود. مشکل این نوع آغشته سازی این است که سطحی بوده و فقط بر روی لایه های فوقانی روسازی موثر می باشد. به منظور حل این مشکل، بهترین روش اضافه کردن رقیق کننده و افزودنی های خاص به جاده از طریق مخلوط کردن کپسول ها با بتن آسفالتی می باشد در شکل ۹، نمایی از اثر کپسول ها بر روی بتن آسفالتی نشان داده شده است. هنگامی که ترک در نزدیکی کپسول رخ می دهد، کپسول شکسته شده و افزودنی های درون آن در تماس با قیر موجود در اطراف قرار می گیرد. سپس به وسیله پراکنده سازی، این افزودنی ها و قیر تخریب شده با یکدیگر مخلوط می شوند. سپس قیر احیا شده و ترک بسته می شود. با این روش استفاده از کپسول ها، میزان خود ترمیم شونده گی افزایش می یابد.

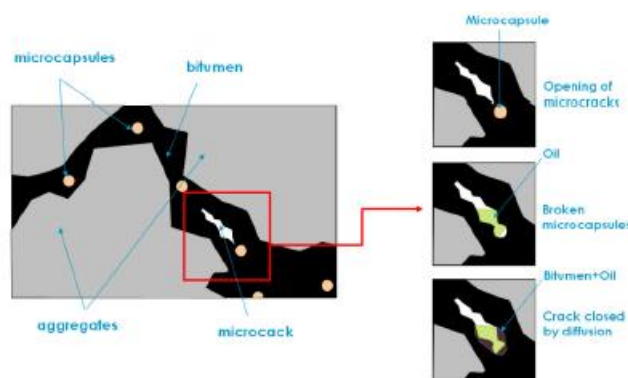


Figure 9. Schematic representation showing the working of encapsulated oil to heal cracks in asphalt

بسیاری از تحقیقات نحوه ایجاد این کپسول ها را بیان می کنند، اما بتن آسفالتی برای عملکرد این کپسول ها محیط بسیار زنده ای می باشد. این کپسول ها باید در محیط های بسیار لزج قرار گیرند. آنها نباید با قیر واکنش دهند و باید در دمای ۱۸۰ درجه تحت تراکم قرار گیرند. و البته نباید مقاومت چندان در برابر شکست از خود نشان دهند. تحقیقات جهت بهبود عملکرد این کپسول ها در دست انجام است.

۲-۳-۲- حرارت زایی اندوکسیون

مبنای استفاده از روش دوم این است که حرارت ایجاد شده در آسفالت باعث افزایش میزان خود ترمیمی می شود. اولین پیش نیاز جهت انجام این روش، رسانا بودن مصالح تشکیل شده آنها می باشد. در بسیاری از تحقیقات انجام شده در گذشته، امکان رسانایی بتن و آسفالت با افزودن فیلرهای رسانای الکتریکی و فیبرها به اثبات رسیده است. دومین پیش نیاز جهت استفاده از این روش این است که فیبرها و فیلرها باید در یک مسیر حلقوی بسته به یکدیگر متصل شوند. در شکل ۱۰، تصویر شماتیکی از این سیستم نشان داده شده است. در ابتدا ترک های مویی در قیر به وقوع می پیوندند. اگر فیبرهای رسانا و فیلرها به میزان کافی اضافه گردند، در اطراف ترک های مویی مدارهای بسته ایجاد می شود. حرارت هنگام ازدست دادن انرژی توسط ایجاد می شود و در نهایت قیر ذوب شده و ترک بسته می شود.

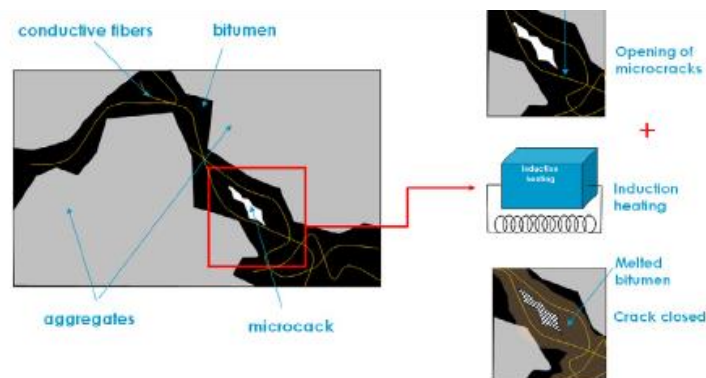


Figure 10. Schematic representation showing the system of using fibers heated with induction energy to heal cracks in asphalt concrete.

این تحقیق در سه مرحله انجام می‌شود. در ابتدا ترکیب بهینه ای از فیبرهای رسانا و فیبرها انتخاب می‌شود؛ سپس دمای مناسب جهت رسانایی الکتریکی فیبرها محاسبه می‌شود. در نهایت جهت ایجاد خود ترمیمی، نمونه‌ها به طور مکرر در سه نقطه تحت خمش شکسته می‌شوند و دوباره حرارت یافته و ترمیم می‌شوند. این طور نتیجه گیری شده است که فیبرهای رسانایی الکتریکی کارایی به مراتب بیشتری نسبت به فیبرها هنگام افزایش رسانایی دارند. همچنین علی‌رغم ضروری نبودن رسانا بودن نمونه جهت حرارت زایی، حجم بهینه ای از فیبرها جهت انطباق با حرارت انتخاب می‌شوند. شکل ۱۱، نشان دهنده ظرفیت خود ترمیمی قیر می‌باشد. این شکل نشان دهنده منحنی‌های بار-تغییر شکل چهار نمونه و منحنی‌های تنش-کرنش نمونه‌ها پس از ۶ بار حرارت زایی، ترمیم شدگی و بارگذاری مجدد می‌باشد. جهت دوری از اثر خزش نمونه‌ها در دمای ۲۰- در طول آزمایش نگه داری شده‌اند. بنابراین نمونه‌ها دارای شکستگی ترد می‌باشند. در حین فرآیند ترمیم شدگی می‌توان مشاهده کرد که ترک‌ها ناپدید می‌شوند. در شکل ۱۱، مقاومت نمونه‌ها پس از ۵ بار ترمیم شدگی حدود ۷۰٪ حالت اولیه است. همچنین مدول الاستیک آنها بسیار نزدیک می‌باشد، اما شیب پس از گذشت از مقاومت نهایی در نمونه‌های ترمیمی تند تر می‌باشد. این موضوع منطقی است، زیرا ناحیه ترمیم شده، ناحیه ضعیفی بوده که در آن تمام فیبرها شکسته می‌شوند.

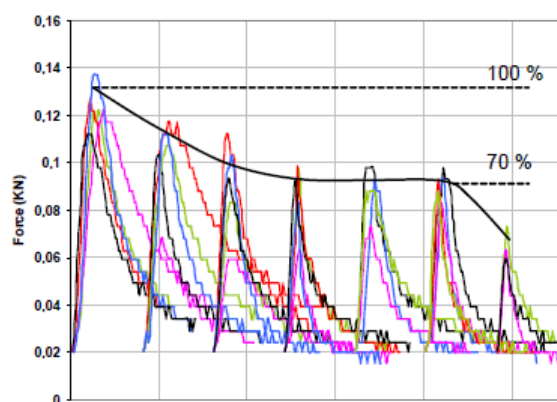


Figure 11. Force-deformation diagrams of bitumen specimen with steel-wool fibres loaded in 3 point bending, in 6 cycles of loading-heating and reloading.

۳. نتیجه گیری

در این مقاله روش‌های خود ترمیم شونده‌گی در سه نوع از مصالح مورد بحث و بررسی قرار گرفت. اولین قسمت، استفاده از باکتری جهت ایجاد رسوبات کلسیتی در ترک‌های بتن بود. با استفاده از این روش می‌توان ترک‌های نسبتاً بزرگ در بتن مسلح را پر نمود. این روش باعث افزایش مقاومت بتن نمی‌گردد، اما با پر کردن ترک‌ها، مسیر آرماتورگذاری مسدود می‌شود. همچنین ورود و نفوذ مایعات و یون‌ها که به خوردگی آرماتور می‌شود، محدود شده و باعث افزایش دوام سازه می‌گردد. همچنین این روش برای سازه‌های آبی مناسب می‌باشد. می‌توان ترک‌ها را بدین ترتیب پر کرده و اثر نشت را متوقف نمود. بتن باکتریایی در سازه‌های زیر زمینی که تعمیر و مرمت آن دشوار می‌باشد، بسیار مناسب است. حالت دوم در مورد مصالح SHCC می‌باشد که دارای ظرفیت خود ترمیم شونده‌گی بسیار بالایی به دلیل عرض ترک ناچیز در آنها می‌باشند. همچنین استفاده از افزودنی‌های جدید از قبیل میکرو فیبرها و SAP ها باعث بهبود ظرفیت خود ترمیم شونده‌گی می‌گردد. حالت سوم در مورد بتن آسفالتی می‌باشد که ظرفیت خود ترمیم شونده‌گی آن با استفاده از روغن‌های کپسولی و رشته الیاف‌های فولادی افزایش می‌یابد. این روش در آزمایشگاه اثبات

شده و در احداث راه واقعی در هلند و در سال ۲۰۱۰ مورد استفاده قرار گرفته است. جهت کسب اطلاعات بیشتر در مورد این پروژه، می توانید به آدرس فوق مراجعه کنید.

منابع

1. Antonopoulou (2009). S Self healing in ECC materials with high content of different microfibers and micro particles. MSc Thesis. Delft University of Technology. Bang S S,
2. Galinat J K, Ramakrishnan V (2001). Calcite precipitation induced by polyurethane-immobilized *Bacillus pasteurii*. *Enzyme Microb. Technol.* 28, 404-409. Bonnaure F P,
3. Huibers A H, Boonders A (1982). A laboratory investigation of the influence of rest periods on the fatigue characteristics of bituminous mixes. *Journal of the Association of Asphalt Paving Technologists*. 51. 104-128.
4. De Muynck W, Debrouwer D, De Belie N, Verstraete W (2008). Bacterial carbonate precipitation improves the durability of cementitious materials. *Cement & Concrete Res.* 38, 1005-1014.
5. Dry C M (2000). Three designs for the internal release of sealants, adhesives, and waterproofing chemicals into concrete to reduce permeability. *Cement and Concrete Research* 30(12), pp. 1969-1977.
6. Edvardsen C (1999). Water permeability and autogenous healing of cracks in concrete. *ACI Materials Journal*, 96(4), 448-454.
7. Garcia A, Schlangen E & Ven M van de (2009a). Two ways of closing cracks on asphalt concrete pavements: microcapsules and induction heating. *Key engineering materials*, 417-418, 573-576.
8. Garcia A, Schlangen E, Ven M van de & Liu Q (2009b). Electrical conductivity of asphalt mortar containing conductive fibers and fillers. *Construction and building materials*, 23, 3175-3181.
9. Granger S, Loukili A, Pijaudier-Cabot G, Behloul M (2006). Self healing of cracks in concrete: from a model material to usual concretes. *Proceedings of the 2nd international symposium on advances in concrete through science and engineering*. Quebec city, Canada, 11-13 September 2006.
10. Gosh S K (ed) (2008). *Self-healing materials; fundamentals, design strategies and applications*. Wiley.
11. Hosoda A, Kishi T, Arita H and Takakuwa Y (2007) self – healing of crack and water permeability of - healing materials.
12. Noordwijk, Holland, Jensen O M & Hansen P F (2001). Water-entrained cement-based materials: I. Principles and theoretical background, *Cem. Concr. Res.* 31 (4) 647-654.
13. Jonkers H & Schlangen E in Schmets A.J.M. & van der Zwaag S. (eds) *Proceedings of the First International Conference on Self Healing Materials*, 18-20 April 2007, Noordwijk aan Zee, The Netherlands, Springer 2007.
14. Jonkers, HM & Schlangen, E. (2009a). Bacteria-based self-healing concrete. *International journal of restoration of buildings and monuments*, 15(4), 255-265.
15. Jonkers, HM, Thijssen, A, Muijzer, G, Copuroglu, O & Schlangen, E. (2009b). Application of bacteria as self-healing agent for the development of sustainable concrete. *Ecological engineering*, 1-6.
16. Kim JS & Schlangen E 2010. Super absorbent polymers to simulate self healing in ECC. In K. van Breugel, G. Ye & Y. Yuan (Eds.), *2nd international symposium on service life design for infrastructure* (pp. 849-858). Rilem,
17. Neville A. (2002). Autogenous healing A concrete miracle? *Concrete International*, November 2002.
18. Nishiwaki T, Mihashi H, Jāng B-K. & Miura K. (2006) Development of self-healing system for concrete with selective heating around crack. *Journal of Advanced Concrete Technology*, Vol. 4, No. 2 267- 275.
19. Qian S, Zhou J, de Rooij MR, Schlangen E, Ye G and van Breugel K (2009). Self-Healing Behavior of Strain Hardening Cementitious Composites Incorporating Local Waste Materials. *Cement and Concrete Composites*, 31 (2009) 613-621.
20. Reinhardt H W, Joos M (2003). Permeability and self-healing of cracked concrete as a function of temperature and crack width. *Cement and Concrete Research*. 33(7). 981-985.
21. Schlangen E, Qian S & Liu H (2009). Simulation of Self Healing Capacity of Hybrid Fibre Material. *2nd International Conference on Self Healing Materials*. Chicago.
22. Schlangen E & Joseph C (2008). Self-healing processes in concrete. In SK Ghosh (Ed.), *Self-healing materials: fundamentals, design strategies and applications* (pp. 141-182). Weinheim: Wiley-vch.
23. Sierra Beltran M G & Schlangen E (2010). Fibre-matrix interface properties in a wood fibre reinforced cement matrix. *Proceedings FraMCoS7*. Jeju. Korea.
24. Sisomphon K, Çopuroğlu O and Fraaij A L A (2009). Durability of Blast-Furnace Slag Mortars Subjected to Sodium Monofluorophosphate Solution Curing, *Proc. 4th International Conference on Construction Materials: Performance, Innovations and Structural Implications*. Nagoya.Japan.
25. Ter Heide N (2005). Crack healing in hydrating concrete. MSc-thesis, Delft University of Technology. The Netherlands.
26. Tziviloglou E (2009). Self-healing in ECC materials with low content of different microfibres and micro- particles. MSc Thesis. TU Delft.
27. Van der Zwaag S (ed) 2007. *Self healing materials : an alternative approach to 20 centuries of materials science*, Dordrecht. Netherlands. Springer.
28. Van Tittelboom K, De Belie N, Van Loo D & Jacobs P (2011). Self-healing efficiency of cementitious materials containing tubular capsules filled with healing agent. *Cement & concrete composites*. 33. 4. pp 497-505.
29. Wiktor V & Jonkers H M (2011). Quantification of crack-healing in novel bacteria-based self-healing concrete. *Cement & Concrete Composites*. 33. pp 763-770.
30. www.selfhealingconcrete.blogspot.com
31. www.selfhealingasphalt.blogspot.com

خودروهای الکتریکی و هیبریدی؛ مزایا و معایب
اکتای شفیع فسقندیس

شبیه سازی واحد بازیابی آمونیاک پتروشیمی
لردگان با هدف بهینه سازی تجهیزات فرآیندی
رضا منصوری، نادر مختاریان

شناسایی و رتبه بندی عوامل موثر بر کاهش
خطرات پسماندهای عفونی و آزمایشگاهی از
نظر مدیریتی و ایمنی در بیمارستان شهید
رجایی گچساران
سلمان کامران، سعید دلاوری

الگوریتم هش MD-Caspian؛ بهینه شده
MD5
تورج استواری

بررسی دز پرتوهای یونیزان در راکتور آب
جوشان و تاثیر آنها بر سلامت
علی اشرف باقری، کوثر زاهدی لاله دشتی

مقاوم سازی دیوار برشی فولادی
ناصر میقانی

بررسی پایداری و دوام مکانیزم های خود
ترمیمی بررسی پیشرفت های اخیر در بتن و
آسفالت خود ترمیم شونده
مسعود عامری

پژوهش های نوین مهندسی

تهران، افسریه، ۱۵ متری چهارم،
کوچه ۳۸، پلاک ۲۸، واحد ۲
کرج، بلوار باغستان، بین خیابان ۵ و
۶، روبروی مجموعه ورزشی انقلاب،
پلاک ۷۳۵، ساختمان پرند، واحد ۱
۰۲۱ ۳۳۲۰ ۲۴ ۸۷
۰۲۶ ۳۴ ۳۴۷۶ ۷۸
۰۹۹۰ ۵۹۸ ۰ ۲۰۶
www.NRES.ir