

## ارزیابی ایمنی واحد تولید گلوکز به روش ردیابی انرژی و آنالیز حفاظ ها در یک شرکت گلوکز سازی

مصطفی بویا<sup>۱</sup>، شیرازه ارقامی<sup>۲</sup>، حسن اصیلیان<sup>۳</sup>، سید باقر مرتضوی<sup>۱</sup>

### چکیده

**زمینه و هدف:** سالانه هزاران نفر جان خود را بر اثر حوادث شغلی در محیط کارشان از دست می دهند. هزینه های مادی و معنوی ناشی از این حوادث متخصصان را به فکر چاره اندیشی برای جلوگیری از بروز حوادث انداخته است. هدف این تحقیق شناسایی نقاط و پتانسیل های خطر و ارزیابی ریسک ناشی از آنها در واحد تولید گلوکز به روش ردیابی انرژی و آنالیز حفاظ ها و آرایه مناسب ترین راه های پیشگیری از آزاد شدن ناخواسته و خارج از کنترل انرژیها در سیستم می باشد.

**روش بررسی:** این تحقیق با تکیه بر تئوری انتقال انرژی در بروز حوادث و به کارگیری روش ردیابی انرژی و آنالیز حفاظ ها، به انجام رسید. جمع آوری داده ها نیز از طریق مشاهده مستقیم، بررسی اسناد و مدارک و مصاحبه انجام شد. ۱۰ کاربرد ETBA برای بخش های دهگانه واحد تولید گلوکز تکمیل شد. انرژی ها در هر کدام از بخش ها شناسایی شده و پس از ارزیابی ریسک، روش های کنترلی مختلفی برای ریسک های غیر قابل قبول آرایه شد. و در نهایت نیز در مورد کارایی، قابلیت اجرا و صرفه اقتصادی هر کدام از آنها بحث شد.

**یافته ها:** نتایج تحقیق نشان داد که بیشترین تعداد ریسک های غیر قابل قبول ناشی از آزاد شدن ناخواسته انرژی های پتانسیل هستند، و توجه به روش های مهندسی انسانی برای کنترل خطر ناشی از این ریسک ها نقش مهمی در کاهش ریسک کلی سیستم خواهد داشت.

**نتیجه گیری:** با توجه به وضعیت صنعت مورد مطالعه، توجه به روش های مدیریتی کاهش ریسک به ویژه برقراری سیستم تعمیر و نگهداری پیشگیرانه، تشکیل تیم بررسی حادثه و ثبت، گزارش و آنالیز علمی حوادث و شبه حوادث توسط آن نقش مهمی در کاهش ریسک کلی سیستم خواهد داشت. هم چنین به کارگیری روش هایی که به بررسی نقش فاکتورهای انسانی در بروز حوادث می پردازند، در این صنعت مفید خواهد بود.

**کلیدواژه ها:** ایمنی، ایمنی سیستم، ETBA، گلوکز

### مقدمه

داده اند. با در نظر گرفتن ضرایب خطا و انجام تصحیحات لازم، تخمین زده می شود که در هر سال ۱/۱ میلیون حادثه ی شغلی منجر به مرگ در سراسر جهان رخ می دهد. این بدان معنی است که در هر روز

بر اساس نتایج یک تحقیق، در سال ۱۹۹۴، هشتصد هزار نفر در دنیا بر اثر حوادث شغلی جان خود را از دست

۱- (نویسنده مسئول) عضو هیئت علمی دانشگاه علوم پزشکی قم (email:fdgir@yahoo.com)

۲- عضو هیئت علمی دانشگاه علوم پزشکی زنجان

۳- عضو هیئت علمی دانشگاه تربیت مدرس

متخصصان ایمنی این است که توصیه‌ها و پیشنهادهایی را برای کنترل خطرات و کاهش ریسک آنها تا کمترین حد قابل قبول ارائه کنند [۳].

صنعت فرآوری ذرت، از صنایع مادر محسوب می‌شود. محصولات حاصل از فرآوری ذرت در بسیاری از صنایع، مانند صنایع پلاستیک‌سازی و تهیه‌ی ورنی، کارخانجات تهیه‌ی چوب و چسب، صابون‌سازی، نشاسته‌سازی، داروسازی و تهیه‌ی غذای کودک، تهیه‌ی غذاهای لوکس و تفننی، تولید کاغذهای روغنی و صنعت رنگرزی استفاده می‌شود. همچنین از ذرت می‌توان دکسترین و متعاقباً گلوکز به دست آورد. گلوکز، در قنادی‌ها و بیسکویت‌سازی استفاده می‌شود. این ماده در صنایع الکل‌گیری مانند الکل اتیلیک و بوتیلیک و صنایع تولید اسید لاکتیک، اسید استیک، تهیه‌ی لیزین، استون، تولید شربت‌های مخصوص و تهیه‌ی مالت نیز، فراوان به کار می‌رود [۴]. در فرآوری ذرت، برای استحصال گلوکز از انرژی‌های گوناگون مانند انرژی شیمیایی، الکتریکی، مکانیکی، حرارتی و... استفاده می‌شود. علاوه بر این صدا، ارتعاش، گرما، حرکت سیالات مختلف، آزاد شدن آلاینده‌های شیمیایی و... همگی صورت‌هایی از انرژی هستند که به صورت ناخواسته در مسیر تولید ایجاد شده و اغلب اوقات بدون روبرو شدن با مانع یا حفاظ، در محیط آزاد می‌شوند. آزاد شدن این‌گونه انرژی‌ها در خط تولید می‌تواند باعث بروز حادثه در خط تولید و ایجاد خسارت گردد. با در نظر گرفتن این موضوع که بروز حوادث بزرگ در این صنعت مادر (که در ایران منحصر به فرد نیز می‌باشد) می‌تواند زنجیره‌ی تولید در بسیاری از صنایع دیگر را نیز قطع کرده و زیان‌های مالی فراوان به بار آورد، باید بتوان ارزیابی دقیقی از ماهیت انرژی‌ها و خطرات ناشی از آنها داشت تا بتوان روش‌های کنترل مناسب را به کار برد.

از روش‌های آنالیز ایمنی که قادر به تامین این هدف می‌باشد، روش «ردیابی انرژی و واکاوی حفاظ‌ها» یا ETBA است. بر این اساس، با توجه به تنوع زیاد انرژی‌ها در صنعت تولید گلوکز و لزوم شناسایی پتانسیل‌های خطر و پیشگیری از بروز حادثه، در این تحقیق سعی در پاسخ‌گویی به سوالات زیر خواهد بود: (۱) منابع و ماهیت انرژی‌های موجود در فرآیند

سه هزار نفر در محیط‌های شغلی جان می‌سپارند. هزینه‌های مربوط به این حوادث، که به علت از دست رفتن نیروی انسانی، مواد، تجهیزات و زمان است، در هر سال متجاوز از ۵۰۰/۰۰۰ میلیون دلار برآورد می‌شود. بنابر برآورد کلیش (۱۹۸۸) در هر سال ۱۱۰ میلیون نفر بر اثر حوادث شغلی مجروح شده و ۱۸۰ هزار نفر کشته می‌شوند. در کنفرانس سازمان بین‌المللی کار در برزیل (۱۹۹۹) نیز، شمار حوادث شغلی ۲۵۰ میلیون فقره در سال اعلام شد. در نتیجه‌ی این حوادث ۳۰۰ هزار نفر جان باخته‌اند [۱]. هزینه‌های مادی و معنوی ناشی از این حوادث، متخصصان را به فکر چاره‌اندیشی برای جلوگیری از بروز حوادث انداخته است.

حوادث صنعتی رویدادهایی ناخواسته هستند که باعث خسارت و صدمه به انسان‌ها، اموال و به صورت کلی صدمه به جامعه می‌شوند. بروز حوادث، نشانه‌ی وجود ضعف در سیستم می‌باشد. هنگامی که حوادث به وقوع می‌پیوندند، باید با واکاوی دقیق این ضعف‌ها نسبت به بهبود شرایط اقدام کرد. شبه حوادث، اختلال در جریان تولید و شرایط ناایمن از دیگر نشانه‌های وجود ضعف در سیستم هستند. معمولاً نمی‌توان حوادث را فقط با روش‌های مهندسی کنترل کرد. همچنین، آموزش افراد و انگیزش آنها برای اجتناب از خطرات و یا برقراری سیستم‌های سخت‌گیرانه برای کار نیز، همیشه مقدور نمی‌باشد. تنها یک ترکیب متعادل از اقدامات فوق می‌تواند ما را در رسیدن به هدفمان یاری دهد. هر سازمان و شرکت، باید ترکیب مناسب و منحصر به فرد برای مشکلات خود را از اقدامات فوق پیدا کند و اطمینان داشته باشد که اجرای آنها از بروز حوادث پیشگیری خواهد کرد. از طرفی اقدامات اتخاذ شده نیز باید بر اساس تغییراتی که به مرور زمان در درون و بیرون از سازمان ایجاد می‌شوند، تطبیق یافته و به روز شوند [۲].

امروزه، نگرانی و مسأله اصلی سازمان‌های مسئول در زمینه‌ی ایمنی و بهداشت صنعتی، شناسایی و حذف خطراتی است که تندرستی و زندگی کارگران و مردم را تهدید کرده و می‌تواند به ابزارها، دارایی‌ها، تجهیزات و محصولات نیز صدمه وارد کند. هنگامی که ریسک چنین خطراتی را نتوان به طور کامل حذف کرد (که در اغلب موارد همین‌گونه است) وظیفه‌ی

انرژی‌های شناسایی شده در هیچکدام از تقسیمات انرژی جای نمی‌گیرند. از این رو، دسته‌ی دیگری به نام انرژی‌های متفرقه در چک لیست افزوده شد. گام دوم، ردیابی انرژی‌ها در سیستم است. به محض این که انرژی‌ها در سیستم شناسایی شد، باید منابع و سرچشمه‌های هر کدام از انرژی‌ها در سیستم شناسایی شوند و سپس باید جریان آن انرژی در سیستم ردیابی شود. در این گام از چک لیست کشف خطرات ETBA که در جدول ۲ ارایه شده است استفاده شد.

در گام سوم باید حفاظ‌ها و موانع موجود برای رها شدن ناخواسته‌ی آن انرژی ارزیابی شوند. در این گام نیز از سؤالات مربوط به حفاظ‌ها در چک لیست کشف خطرات، برای ارزیابی وضعیت حفاظ‌ها استفاده شد. در گام چهارم ریسک هر کدام از انرژی‌های شناسایی شده در سیستم ارزیابی می‌شود. جهت ارزیابی ریسک انرژی‌های شناسایی شده از ماتریکس ریسک استاندارد MIL-STD-882B بهره گرفته شد [۷ و ۳]. در نهایت، در گام پنجم گزینه‌های کنترل ریسک مورد بررسی قرار گرفته و گزینه‌های مناسب انتخاب می‌شوند. معمولاً همواره بهتر است قبل از این که مرحله‌ی بعدی شروع شود، مرحله‌ی قبل به صورت کامل انجام شود. می‌توان برای کمک به انجام هر چه بهتر واکاوی از کاربرگ‌های ثبت نتایج ETBA که به همین منظور طراحی شده‌اند، استفاده کرد. نمونه‌ای از این کاربرگ‌ها در شکل ۳ ارایه شده است.

#### یافته‌ها

این پژوهش در واحد تولید گلوکز شرکت گلوکزان به انجام رسید. این واحد از ابتدای ورود مواد اولیه به آن تا خروج محصول به ده بخش تقسیم بخش تقسیم و با کدهای E-1 تا E-10 مشخص شد.

مخزن ایستگاهی ذخیره محلول نشاسته (E-1)، مخزن اسید زنی نشاسته (E-2)، لوله‌های کنورتور (E-3)، مخازن خنثی سازی شربت گلوکز (E-4)، درام شربت گلوکز (E-5)، دیگ‌های تغلیظ (E-6)، فیلتر کندل (E-7)، الکتروپمپ‌های درام شربت و دیگ تغلیظ (E-8)، طبقه دوم محوطه سالن گلوکز سازی (E-9)، طبقه اول محوطه سالن گلوکز سازی (E-10) بخش‌های دهگانه

تولید کدامند؟) این انرژی‌های به چه طریقی سبب بروز حادثه می‌شوند؟ (۳) ریسک ناشی از آزاد شدن انرژی‌ها در سیستم چقدر است؟ (۴) مناسب‌ترین راه‌های پیشگیری از آزاد شدن ناخواسته‌ی انرژی‌ها در سیستم چقدر است؟

#### ابزار و روش

در این پژوهش، از روش ETBA در قالب یک تحقیق موردی برای پیش بینی و توصیف حوادث احتمالی و یافتن روش‌های کنترل آنها استفاده شد. زیرا سؤالاتی که در این پژوهش مطرح هستند به دنبال چرایی و چگونگی بروز حوادث هستند. از طرفی پژوهشگر هیچ کنترل، مداخله و تغییری در محیط مورد بررسی ایجاد نکرده و فقط به مشاهده و جمع‌آوری مدارکی در مورد وضعیت موجود می‌پردازد. در پژوهش‌هایی که برای قضاوت و ارزیابی انجام می‌شود، تحقیقات موردی جایگاه ویژه‌ای دارند [۵].

روش ETBA بر پایه تئوری انتقال انرژی تدوین شده است. این تئوری بیان می‌کند که خسارت ناشی از حادثه، در اثر تبادلات ناخواسته‌ای که در جریان عبور انرژی از حفاظ به درون اهداف در معرض تماس رخ می‌دهند، به وجود می‌آید. روش ETBA شامل ۵ گام اساسی است [۶]:

گام اول، شناسایی انواع انرژی‌های موجود در سیستم است. این گام اغلب نیاز به تخصص قابل ملاحظه‌ای جهت شناسایی انواع انرژی‌های موجود دارد. برای اطمینان از این که تمام منابع انرژی شناسایی شده‌اند، باید چک لیست مناسبی از انواع انرژی‌هایی که ممکن است در سیستم موجود باشند، تهیه شود. شکل ۱ نمونه‌ای از یک چک لیست انواع انرژی‌هاست

ساختار کلی این چک لیست از یکی از منابع مورد استفاده، گرفته شده است. ولی جهت سهولت استفاده از چک لیست و اجتناب از کاربرد یک چک لیست طولانی، با بهره‌گیری از تقسیم بندی چک لیست‌های ارایه شده در منابع دیگر تغییرات کوچکی در تقسیم بندی برخی از انرژی‌ها داده شد. ضمن این که در جریان پژوهش روشن شد که برخی از

۷- جا به جایی فشار، حجم و انرژی جنبشی	۱- انرژی الکتریکی
۱-۷ انفجار یا پارگی در اثر فشار بیش از حد	۱-۱ جریان‌های مستقیم یا متناوب
۲-۷ ایجاد خلا	۲-۱ انرژی الکتریکی ذخیره شده/ تخلیه‌ی الکتریکی
۳-۷ ریختن مایعات	۳-۱ انتشار الکترومغناطیس/ پالس‌های رادیوفرکانس
۴-۷ افزایش حجم سیالات/ فوران سیالات	۴-۱ ولتاژهای القایی/ جریان‌های القایی
۵-۷ جا به جایی هوای تهویه	۵-۱ ولتاژهای کنترل/ جریان‌های کنترل
۶-۷ اشیاء فیزیکی که در حال باز شدن هستند	۶-۱ میدان‌های مغناطیسی
۷-۷ گودبرداری، حفاری، حرکت زمین	۲- انرژی پتانسیل
۸- تأثیرات مواد شیمیایی	۱-۲ قرار داشتن انسان در ارتفاع
۱-۸ مواد خفکان‌آور و بیهوش کننده	۲-۲ قرار داشتن جسم در ارتفاع
۲-۸ مواد خورنده	۳-۲ اشیاء معلق
۳-۸ حلال‌ها و روان کننده‌ها	۴-۲ بنای در حال ویرانی
۴-۸ مواد غیر قابل ترکیب، تجزیه ناپذیر، دفع شده، پس مانده، قابل انفجار، قابل احتراق، آتش گیر، اکسید شونی، قابل پلیمریزاسیون، سمی، سرطان‌زا، جهش‌زا	۵-۲ بلند کردن بار، حمل و نقل و کار با مواد
۵-۸ زباله‌ها و آلاینده‌های آب، هوا و خاک	۶-۲ فنرها و اشیاء تحت تنش
۹- صدا و ارتعاش	۷-۲ سطوح شیب‌دار
۱-۹ صدا	۸-۲ سطوح لغزنده
۲-۹ ارتعاش	۳- انرژی جنبشی چرخشی
۱۰- انرژی‌های زمینی	۱-۳ ماشین‌های گردنده و گریز از مرکز
۱-۱۰ زمین لرزه	۲-۳ چرخ دنده‌ها و چرخ‌ها
۲-۱۰ نشست زمین، جریان‌های آب زیر زمینی	۳-۳ فن‌های چرخان، پره‌های ملخی
۳-۱۰ انجماد زمین	۴-۳ اجزای انتقال قدرت، غلطک‌های یا سیلندرها
۱۱- انرژی‌های جوی	۴- انرژی جنبشی خطی
۱-۱۱ سرعت، جهت و شدت باد	۱-۴ اجسام پرتاب شده، گلوله‌ها و ...
۲-۱۱ باران (گرم، سرد، منجمد)، باران اسیدی	۲-۴ پیستون‌ها و اجزای در حال حرکت
۳-۱۱ برف، تگرگ، برف و باران	۳-۴ قیچی‌ها و پرس‌ها
۴-۱۱ رعد و برق، نیروهای الکترواستاتیک	۴-۴ وسایل نقلیه و تجهیزات در حال حرکت
۵-۱۱ آتشفشان‌ها، ذرات، گرد و غبار و میست‌ها	۵- انرژی گرمایی
۶-۱۱ نور آفتاب، هوا (گرم، سرد، وارونه)	۱-۵ مواد مذاب یا مواد در حال سوختن
۱۲- موجودات زنده	۲-۵ تشعشع حرارتی
۱-۱۲ کنش و واکنش میان انسان‌ها	۳-۵ هدایت گرمایی
۲-۱۲ کنش و واکنش میان موجودات یا گونه‌های دیگر	۴-۵ جا به جایی هوا، گرمای منبسط شونده
۳-۱۲ فعالیت‌های حیاتی گیاهان	۵-۵ چرخش حرارتی
۱۳- متفرقه	۶-۵ بخار، واکنش‌های شیمیایی گرمازا
۱-۱۳ قرار داشتن تجهیزات در محل نامناسب	۶- پرتو دهی
۲-۱۳ پیچیدگی دستگاه‌ها و تجهیزات	۱-۶ پرتوهای یونیزان (آلفا، بتا، گاما)
	۲-۶ پرتوهای غیر یونیزان (مادون قرمز، مرئی، ماورابنفش)

جدول ۱- چک لیست انرژی ETBA

روش ETBA جلساتی با مسئولین ایمنی و پژوهش شرکت برگزار شد و پس از آشنایی با مفهوم ارزیابی ریسک و شاخص‌های تصمیم‌گیری و ماتریکس ارزیابی ریسک مورد استفاده در این تحقیق، از آنان خواسته شد تا ریسک‌های قابل قبول برای شرکت را

واحد تولید گلوکز بودند. این تقسیم‌بندی بر اساس موقعیت فیزیکی و جغرافیایی تجهیزات و مراحل متوالی فرآیند تولید انجام شد. تا زمان اجرای این پژوهش، ریسک‌های قابل قبول برای شرکت گلوکز ان تعریف نشده بود. برای انجام قسمت ارزیابی ریسک در

تغییرات جریان انرژی	تغییرات در حفاظها
جریان خیلی زیاد یا خیلی کم است و یا اصلاً وجود ندارد.	حفاظ خیلی قوی یا خیلی ضعیف است.
انرژی خیلی زود یا خیلی دیر جریان می‌یابد و یا اصلاً جریان نمی‌یابد.	حفاظ غلط طراحی شده است.
انرژی خیلی سریع یا خیلی کند جریان می‌یابد.	حفاظ خیلی زود یا خیلی دیر عمل می‌کند.
جریان انرژی متوقف می‌شود، افزایش می‌یابد، یا رها می‌شود.	حفاظ از هم می‌پاشد یا بطور کامل از کار می‌افتد.
شکل یا نوع اشتباهی از انرژی به سیستم وارد می‌شود.	حفاظ جلوی جریان را می‌گیرد یا شدت آنرا زیادتیر می‌کند.
رها شدن انرژی اثرات پشت سر هم دارد.	نوع غلطی از حفاظ انتخاب شده است.

جدول ۲- چک لیست کشف خطرات ETBA [۶]

قابل قبول، مناسب تر است؟ این سؤال از آن رو مطرح می‌شود که گاهی اوقات اجرای همزمان همه‌ی اقدامات کنترلی پیشنهادی به دلایل فنی، اقتصادی و غیره ممکن نیست و از طرفی نیز کارایی هر کدام از اقدامات در کاهش ریسک با یکدیگر متفاوت است. بنابراین باید در مورد میزان اثر بخشی هر کدام از اقدامات با توجه به فاکتورهای خارجی مانند امکان اجرای فیزیکی پیشنهاد، صرفه اقتصادی، عدم تداخل در سرعت و کیفیت تولید، نحوه‌ی نگرش مهندسی و کارگران به تغییرات اعمال شده و نوع برخورد آنان با این اقدامات و غیره بحث و تفسیر صورت گرفت و بهترین روش‌های کاهش ریسک برای هر انرژی ارایه شد.

بررسی و تفسیر تمام کاربرگ‌های به دست آمده از این مطالعه نشان داد که در مورد بسیاری از انرژی‌های شناسایی شده در خط تولید گلوکز، می‌توان با برقراری

معرفی کنند. بر اساس تصمیم‌گیری مسئولین ایمنی و پژوهش شرکت، ریسک‌های 1A, 1B, 1C, 2A, 2B, 3A به عنوان ریسک‌های غیر قابل قبول، ریسک‌های 4A, 3B, 1D, 2C, به عنوان ریسک‌های نامطلوب، ریسک‌های 1E, 2E, 2D, 3D, 3C, 4C, 4B قبول با تجدید نظر و ریسک‌های 4D, 4E, 3E به عنوان ریسک‌های قابل قبول برای شرکت تعیین شدند. ۱۰ کاربرگ ETBA در مدت ۲ ماه برای تمام بخش‌های ذکر شده در تقسیم‌بندی بر اساس گام‌های پنج‌گانه‌ی روش، تکمیل شد. در جدول ۳ کاربرگ ETBA تکمیل شده برای قسمت لوله‌های کنورتور ارایه شده است.

### بحث و نتیجه گیری

سؤال‌ی که بعد از تکمیل کاربرگ‌های ETBA مطرح می‌شود این است که «کدام یک از اقدامات کنترلی پیشنهادی برای کاهش ریسک یک انرژی خاص تا حد

کد محل یا سیستم مورد بررسی: E-3					
نوع انرژی	توصیف خطر	اهداف بالقوه در معرض تماس	حفاظ‌های موجود در مسیر جریان انرژی	سطح ریسک	اقدام‌های کنترلی پیشنهادی
۳-۵	خطر تماس کارگران با لوله‌های داغ کنورتور و بخار	انسان	۱- تردد کم کارگران در محوطه کنورتورها. ۲- دستکش‌های برزنتی مقاوم در برابر گرما به تعمیرکاران ارائه شده است. ۳- لباس کار افراد به عنوان پوششی در برابر جلوگیری از انتقال سریع گرما به پوست عمل می‌کند.	۳C	۱- آموزش و پیگیری استفاده کارگران از دستکش‌های ارائه شده و انجام این‌الگوی رفتاری توسط سرپرستان و مدیران ۲- استفاده از شیلد شفاف صورت به هنگام انجام تعمیرات در میان لوله‌های کنورتور ۳- محول نکردن کار به کارگرانی که دارای لباس آستین کوتاه هستند یا روجیه انجام کار نالین در آنها بالا است. ۴- محول نکردن کارهای طولانی به کارگرانی که دارای مشکلات قلبی، عروقی، کلیوی، چاقی، سن بالا، گرم‌زدگی هستند. ۵- تامین روشنایی کمکی در مواقعی که کارهای تعمیراتی در میان لوله‌های کنورتور در حال انجام است.

جدول ۳- کاربرگ ETBA لوله‌های کنورتور

روش ETBA از جمله روش‌های واکاوی ایمنی است که از دیدگاه فنی به توصیف سیستم مورد بررسی و عوامل مؤثر بر بروز حادثه می‌پردازند [۱]. نمود این گرایش و دیدگاه فنی را می‌توان در چک لیست‌های انرژی نیز مشاهده کرد. در این چک لیست‌ها اغلب نقش عامل انسانی به عنوان یکی از منابع انرژی‌هایی که می‌تواند منجر به بروز حادثه شود، چندان پررنگ و مشخص نیست. در حالی که بر اساس آمارهای موجود، خطای انسانی عامل بیش از ۸۰٪ حوادث در جهان شناخته شده است. نقش این عامل در بروز حوادث به ویژه در صنایعی که انسان به عنوان کنترل‌کننده‌ی عملکرد تجهیزات عمل کرده و تصمیمات او بر ادامه‌ی کار سیستم تأثیرگذار است (و نه کار فیزیکی او) مهم‌تر است. به نظر می‌رسد با توجه به ماهیت فنی روش ETBA نقش عوامل انسانی در بروز حوادث در صنعت مورد مطالعه از کانون توجه دور مانده و نادیده‌گرفته شود. فرآیند خط تولید گلوکز یا صنایع غذایی دیگر از جمله صنایعی هستند که تولید در آنها اکثراً بسته بوده و بدون دخالت دست و توسط تجهیزات صورت می‌گیرد. افراد در این گونه خطوط تولید، به عنوان کنترلر و اپراتور دستگاه مشغول به کارند. بنابراین، مسایل ایمنی و ارگونومیکی مطرح در سیستم‌های انسان ماشین در این صنایع از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. کما اینکه دسته‌ی انرژی‌های افزوده شده به چک لیست مورد استفاده در این مطالعه (انرژی‌های متفرقه) ناظر بر وجود فاکتورهای انسانی دخیل در بروز حوادث هستند. به همین دلیل به نظر می‌رسد در این صنایع برای تحلیل و ارزیابی ایمنی سیستم علاوه بر روش‌هایی که جهت‌گیری فنی دارند، باید از روش‌هایی که به بررسی دقیق نقش انسان در بروز حوادث می‌پردازند نیز در کنار روش‌های قبلی استفاده کرد.

#### قدردانی

بر خود واجب می‌دانیم از مدیریت و کارکنان شرکت گلوکز که امکان انجام این پژوهش را میسر ساختند، سپاسگزاریم.

سیستم تعمیر و نگهداری پیشگیرانه در شرکت سطح ریسک را کاهش داد. این نکته را می‌توان در پیشنهاد‌های ارایه شده در ردیف‌های اول، دوم، چهارم و پنجم از کاربرگ ارایه شده، مشاهده کرد. تفسیر کاربرگ‌های تکمیل شده هم چنین نشان داد که تشکیل تیم بررسی حادثه با محوریت قسمت ایمنی شرکت و ثبت، گزارش و تحلیل شبهه حوادث توسط آن باید یکی از راه‌کارهای مدیریتی مهم در پیشگیری از حوادث و شناخت ضعف‌های سیستم مورد توجه قرار گیرد. انفجار کلکتور بخار سالن گلوکزسازی در تابستان ۸۲ و آتش سوزی در قسمت تهیه‌ی پودر نشاسته‌ی صنعتی در پاییز ۸۲ نیز از جمله‌ی این حوادث هستند که به دلیل فقدان خسارت جانی، هیچگاه به صورت منسجم و به عنوان یک شبهه حادثه مورد بررسی و ریشه‌یابی قرار نگرفته‌اند.

ثبت و تحلیل حوادثی که بر طبق قانون کار در زمره‌ی حوادث ناشی از کار قرار نمی‌گیرند (حداقل سه روز غیبت از کار به دلیل حادثه) نیز باید جزو اقدامات پیشگیرانه‌ی مدیریتی قرار گیرند. تحلیل و تفسیر کاربرگ‌ها نکته‌ی مهم دیگری را نیز نشان داد و آن این که بسیاری از حوادثی که در شرکت برای افراد روی می‌دهد، به دلیل قرار نگرفتن در دسته‌ی حوادثی که باید قانوناً باید ثبت شوند، گزارش و ثبت نمی‌شوند. میزان تکرار حوادثی مانند سقوط از پله‌ها، لیز خوردن و سوختگی‌های سطحی به مراتب بیشتر از حوادث ثبت شده است، ولی اغلب یا گزارش نمی‌شوند و یا به صورت سرپایی درمان می‌شوند. ریسک خطر مربوط به این انرژی‌ها در اغلب کاربرگ‌ها در دسته‌ی ریسک‌های نامطلوب یا ریسک‌های قابل قبول با تجدید نظر ارزیابی شد. اغلب اوقات تکلیف مدیریت صنعت با ریسک‌های قابل قبول و غیر قابل قبول مشخص است. ولی این تکلیف در ارتباط با ریسک‌هایی که جزو ریسک‌های «نامطلوب» و «قابل قبول با تجدید نظر» قرار می‌گیرند، چندان مشخص نیست و بستگی کامل به نگرش مدیریت به مقوله‌ی ایمنی دارد. اغلب حوادث نیز در نتیجه‌ی عدم توجه کافی به این خطرات ایجاد می‌شوند. ساده‌انگاری ریسک این خطرات توسط مدیریت اغلب منجر به بروز حادثه می‌شود.



## منابع

1. Harms-Ringdahl L. Safety analysis: principles and practice in occupational safety. Great Britain, Taylor and Francis; 2001.
2. Kjellen U. Prevention of Accidents through Experience Feedback. Taylor and Francis, London; 2000.
3. Vincoli JW. Basic Guide to System Safety. Van Nostrand Reinhold, USA; 1993.
4. Ramstad SA. Corn: chemistry and technology. American Association of Cereal Chemists Inc; 1991.
5. Khodabandeh N. Ghalat (Cereals). Tehran: Tehran University Press; 1992
6. Yan RK. Tahghigh Moredi (Case Study). Translated by: Ali Parsaeian, Seyed Mohammad Arabi. Tehran: Cultural Research Office; 2002. [Persian]
7. Benner L. Rating Accident Models and Investigation Methodologies. Journal of Safety Research 1985, Vol. 16, pp: 105-126.
8. Energy Trace and Barrier Analysis, Available online at: <http://www.nm-esh.org/sss/handbook/Matrix.pdf>
9. Roland H, Moriarty B. System safety engineering and management. Taylor and Francis, USA; 1993.



## Safety analysis of a corn processing industry by energy trace and barrier analysis method: a case study

Mostafa Booya<sup>1</sup>  
Shirazeh Arghami<sup>2</sup>  
Hossein Asilian<sup>3</sup>  
Seied Bagher Mortazavi<sup>4</sup>

### Abstract:

**Background and aims:** Each year many people die from accidents at work. Enormous costs of these accidents have forced specialists looking for ways to prevention of accidents. This study focuses on evaluation the safety of glucose production unit by energy trace and barrier analysis (ETBA) and present approaches to prevention of accidents.

**Methods:** Steps to perform ETBA method was completed in the field study. Data was collected by interview with workers and supervisors, document surveys and direct observations. 41 ETBA worksheets were completed for seven fold parts of production unit. Most unacceptable risks were found in starch site.

**Results:** Findings showed that unwanted flow of potential energies create the most unacceptable risks in production unit. We concluded that the human factors would play main roll in reduction of risks and control hazards. Also, administrative controls are suggested, especially establishment of repairing and preventive maintenance system, organizing team for investigation and record keeping of accidents, reporting and scientific analyzing of accidents and incidents would reduce the total risk of industry.

**Conclusion:** It will be useful to use the techniques that research human role in accidents associated with ETBA method.

### Keywords:

Industrial safety, System safety, Energy Trace and Barrier Analysis (ETBA), Glucose

- 
1. (Corresponding author) Faculty Member of Qom University of Medical Sciences. Email: fgdir@yahoo.com
  2. Faculty Member of Zanjan University of Medical Sciences.
  - 3&4. Faculty Member of Tarbiat Modares University.