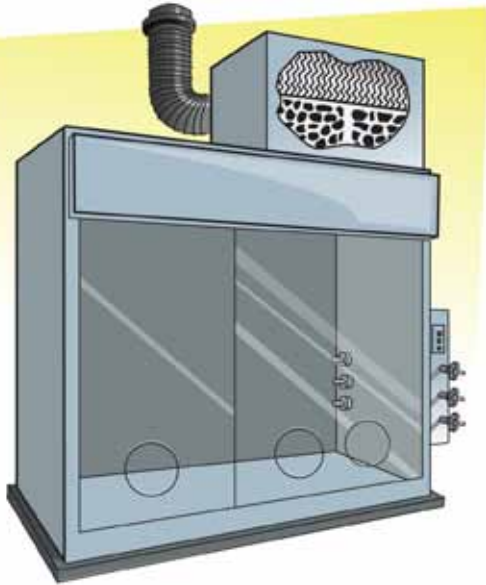


מנדפים ביולוגיים שונים - מאפיינים ושיטות בקרה



מאת ד"ר איתן ישראלי

מומחה לבטיחות ביולוגית ויו"ר האגודה הישראלית לבטיחות ביולוגית

מנדפים ביולוגיים מסווגים לשלוש קבוצות (CLASSES). קבוצה I מגנה רק על העובד והסביבה, אך לא מספקת הגנה וסטריליות לניסויים ולמוצרים המטופלים בה. כדי לספק מיגון לעובד, לסביבה ולמוצר כאחד, משתמשים במנדפים מקבוצה II. קבוצה III היא למעשה תיבות כפפות, המספקות מיגון מרבי לעובד ולסביבה, והאוויר בהן נקי ברמה מסוימת, מאחר שהוא נכנס לתיבה דרך שני מסנני HEPA. המנדפים הביולוגיים בקבוצה II מספקים מיגון לעובד, למוצר ולסביבה כאחד והם ממוינים לארבעה תת-סוגים, הנקראים טיפוסים (TYPES) - B2, B1 A2, A1.

ההבדלים ביניהם והאפיונים הסגוליים שלהם נסקרו בהרחבה בחוברת "מנדפים כימיים וביולוגיים", בהוצאת המוסד לבטיחות ולגיהות (קוד ח-106). החלק הארי של המנדפים הביולוגיים הנמצאים בשימוש במחקר, ברפואה ובתעשייה הוא מטיפוס A1. טיפוס זה ממוקם עצמאית בחדר ללא כל חיבור לחוץ, כלומר פולט את האוויר היוצא ממנו לחדר.

בכתבה זו נעסוק בסוגיה של ניתוב פליטות האוויר מטיפוסי המנדפים האחרים, לחדר או לחוץ, וכן בשיטות הבקרה וסוגי המנועים הכלולים בהם.

ניתוב פליטת האוויר

במסנן HEPA של המנדף, לכן, רמת ניקיון האוויר מבחינה ביולוגית משתפרת עם הזמן, ולכן טיפוס A1 מתאים ביותר לעבודות שדורשות סטריליות.

בטיפוס A2, על פי הגדרתו, היחס בין האוויר הנפלט לאוויר הממוחזר הפוך, כלומר 70% מספיקת המפוח נפלטת לסביבה ו-30% ממוחזרים. עקב כך, במנדף זה, ריכוז הכימיקלים נשאר נמוך יחסית בחלל המנדף, אך הכמות הנפלטת לחדר גדולה, יחסית.

הסכנה היא בכך שעם הזמן, פליטת חומרים כימיים לחלל החדר גדלה, ולכן גם הצטברות הנדפים הכימיים בחלל המנדף עולה והיא עלולה להיות מסוכנת.

בהתאם להערכת הסיכונים, ניתן לנתב את האוויר הנפלט ממנדף זה לחדר או אל מחוצה לו, אך בשום אופן לא דרך צנרת עם חיבור קשיח למנדף, כיוון שחיבור צנרת קשיח של מנדף זה יפריע למשטר הזרימה והאוויר בחדר, ובהפסקת פעולת המנדף יגרום לזרימת אוויר מהצנרת והמנדף אל החדר. החיבור אל החוץ אמור להיעשות בשיטת ה"אצבעון" או "אוהל אינדיאני" הנקרא "טיפי", או CANOPY. למנועי מנדפים אלה אין ההספק הדרוש כדי להתגבר על התנגדות צנרת תעלות, ובעיה נוספת היא חזרת אוויר מהמנדף לחדר לאחר כיבוי המנוע. בחיבור "אצבעון", האוויר הנפלט מטיפוס זה מנותב אל

על פי התקנים המקובלים בארה"ב ובאירופה (NSF/ANSI, 49) (EN 12469), ועל פי הגדרות המנדפים, טיפוס A1 אכן מהווה יחידה עצמאית, הממוקמת בחדר מעבדה או מפעל, וזקוקה רק לחיבור לחשמל. המנדף פולט לחדר 30% מספיקת האוויר של המפוח המורכב בתוכו, והיתרה - 70% - ממוחזרת בתוך חלל המנדף.

אין כל דרישה לנתב פליטת מנדף זה לחוץ. החלטה זו נובעת מהערכת סיכונים של יעילות הסינון והכליאה של המנדף לגבי חומרים ביולוגיים.

אך צריך לזכור שמתקן זה אינו נותן הגנה בפני כימיקלים, כיוון שמסנני HEPA "שקופים" לאדים ולגזים. עדיין, לאחר הערכת סיכונים, כולל התחשבות באוויר החדר עצמו ובערכי הסף המותרים לחשיפה (TLV), וכן תאימות עם חומרי המבנה של המנדף והמסנן, ניתן לעסוק במנדפים אלה בכימיקלים בריכוזים נמוכים ובכמויות קטנות, וכתלות בסוג החומר הכימי. יש להביא בחשבון כי עקב מיחזור של 70% מהאוויר בחלל המנדף, ריכוז הכימיקלים באוויר עולה והולך עם התמשכות השימוש, מצב העלול להביא לסיכון התלקחות או פיצוץ, בהתאם לסוג החומרים. לעומת זאת, ריכוז האירוסולים החלקיקיים אינו עולה, מאחר שהם נעצרים במסנן. 70% מהאוויר חוזר ומסתנן

מנדפים אלקטרוניים: מנדפים בעלי בקרת מיקרופרוססור, אשר שומרים על מהירות זרימת אוויר קבועה בצורה אוטומטית, למרות ההתנגדות העולה של המסננים. ניטור ובקרת זרימת האוויר מתבצעים על ידי סוגי רגשים (סנסורים) שונים: רגש לחץ יחסי:

רגש לחץ הדומה לצינור, אשר צד אחד שלו מותקן באזור לחץ חיובי והשני מותקן באזור לחץ שלילי. הרגש מודד את הפרשי הלחצים, ומכך אפשר להסיק מהי מהירות זרימת האוויר. את הרגש ניתן להתקין בשתי נקודות:

- באזור מסנן היציאה, כאשר צד הלחץ החיובי נמצא בתוך המנדף וצדו השלילי נמצא מחוץ למנדף. החיסרון העיקרי בהצבת הרגש באזור זה הוא כאשר יש בו דליפה, הלחץ החיובי יגרום לחלקיקים לדלוף מתוך המנדף לחדר.
- בגב המנדף, כאשר הצד השלילי פונה לתוך המנדף והצד החיובי אל מחוץ למנדף. בניגוד להצבת הרגש ליד מסנן היציאה, במקרה של דליפה או תקלה, אוויר מהחדר יישאב לתוך המנדף וזיהום לא יפלט החוצה - דבר זה מהווה סכנה חמורה למשתמשים ולנמצאים בחדר. החיסרון העיקרי בהתקנת הרגש, נוסף על הזיהום הפנימי, הוא חוסר הדיוק של מדידת הלחץ השלילי בשיטה זו. בשימוש בשיטה זו אי אפשר לקבל חיובי למצב המסנן ולתקלות.

רגש מהירות זרימה:

רגש זרימה מודד את מהירות הזרימה ומעביר את המידע למיקרופרוססור, המורה למנוע להגביר את מהירותו כאשר הזרימה יורדת, התוצאה היא מהירות זרימה אחידה. יש מגוון רחב של מדי מהירות ואף מדים מדויקים מאוד, אך בעקבות עלויות גבוהות של הרגש רוב החברות מתקינות רגש עם סטייה מובנית של 10% במדידה.

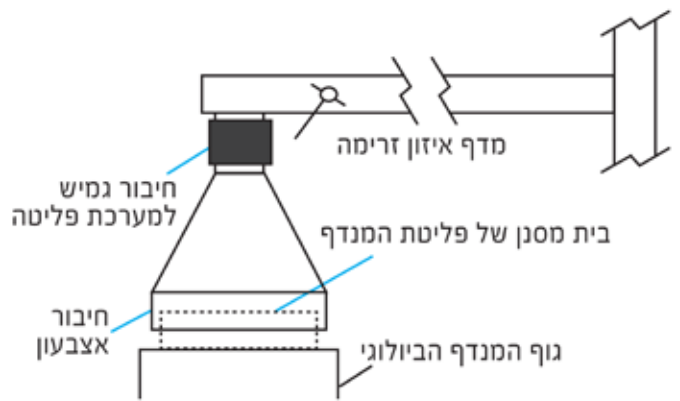
סוגי מנועים:

מנוע PSM: מנוע מיושן, היוצר שדה מגנטי ברוטור, והמיסבים שלו הם מיסבי החלקה. פליטת החום הגבוהה של המנוע גורמת להתחממות המיסבים ולהתייבשות חומרי הסיכה, ומכאן לכשלים ולבעיות אמינות.

מנוע ECM: מנוע העובד על מתח DC (זרם ישר) ואינו יוצר שדה מגנטי ברוטור. השדה קיים בגלל מגנט המקובע עליו. המיסבים בו הם כדוריים. מנוע ECM משלב בתוכו בקרת מומנט ומהירות, והוא מבוקר על ידי מיקרופרוססור. המנוע מסתובב במהירות קבועה ומגביר את המומנט כנגד ההתנגדות הגוברת של המסנן. התוצאה היא אחוז סטייה במהירות הזרימה של 1.2%. יתרון נוסף הוא שאין צורך לכייל רגשים בשיטה זו. מנועי ECM הם מנועים שקטים יותר, בעלי צריכת חשמל נמוכה יותר, אמינים יותר ובעלי פליטת חום נמוכה יותר.

סיכום

שמירה על הבטיחות הביולוגית אינה השיקול היחיד שצריך להנחות את המשתמשים בהחלטה אם לנתב את פליטת המנדף מטיפוס A2 לחוץ. יש לבחון גם מהן הכמויות והריכוזים של הכימיקלים הנדיפים המעורבים בתהליכי העבודה. אם אכן משתמשים בחומרים כימיים, ולא מדובר באתנול או חומרי חיטוי אחרים, אלא בממסים אורגניים מסוכנים יותר, דוגמת קסילן או בנזן או כימיקלים בעלי ריח חריף, התקנת חיבור אצבעון תאפשר את פליטת אדי הכימיקלים ישירות לסביבה במקום לחדר.



איור מס' 1: דוגמה לחיבור מנדף מקבוצה II (טיפוס A2) למערכת יניקה מרכזית בשיטת אצבעון

כונס אוויר, המחובר ישירות למפוח חיצוני או למערכת האוורור הכללית של הבניין, אך חיבור זה משאיר פסע בין המנדף לכונס, כך שאוויר החדר ממשיך להישאב דרכו, ופליטת המנדף "מצטרפת" לאוויר הנשאב מהחדר. יש לוודא שספיקת היניקה מהחדר מתאימה לטיפול הן באוויר החדר והן בפליטת המנדף, כך שלא "יימלט" אוויר מהמנדף לחדר.

המנדפים מטיפוס B, ובעיקר B2, שונים במבנה מאלה של טיפוס A, והם צריכים להיות תמיד מחוברים בצנרת קשיחה אל מפוח הנמצא מחוץ למבנה. ברוב המקרים המפוח ממוקם על גג הבניין. סידור זה אינו משפר את הבטיחות הביולוגית של העובדים והסביבה.

מטרתו היא לאפשר עבודה בכימיקלים נדיפים או בחומרים רדיואקטיביים בצורה חופשית כמעט. פעילות זו נעשית בשילוב עם עבודה מיקרוביולוגית, ויש לזכור כי טיפוסים אלה אינם מיועדים להחליף מנדפים כימיים. אם פרוטוקול העבודה הביולוגית דורש שימוש בריכוזים גבוהים או בכמויות גדולות של כימיקלים, אין מנוס מלהשתמש במתקנים אלה.

מבחינת ההגנה הביולוגית, אין לטיפוסים אלה יתרון על טיפוס A. החיבור דרך תעלות קשיחות לחוץ מציב לעתים קשוי תכנון ובינוי, ולאחר ההתקנה עלולות להיווצר בעיות באיזון זרימות האוויר ולחצי האוויר בחדרים, לא כל שכן, כאשר מעוניינים להתקין מנדף מטיפוס B בבניין קיים עם אוורור מתפקד. כמו כן, חייב להיות חיבור בין המפוח החיצוני ובין המפוח הפנימי של המנדף, כיוון שהפסקת פעולת המפוח החיצוני בעוד המפוח הפנימי פועל, תגרור פליטת אוויר מן המנדף אל החדר. כמו כן, תמיד חשוב לגבות את אספקת החשמל למפוחים על ידי גנרטור. כמו בכל התקנה של ארובות פליטה של מנדפים כימיים, יש לוודא שיציאת האוויר ממערכת המנדפים לא נשאבת למערכת קולטת אוויר אחרת.

שיטות בקרה וסוגי מנועים במנדפים ביולוגיים

במנדפים ביולוגיים מבחינים בין שני סוגים על פי שתי שיטות בקרה:

מנדפים מכניים: לאלו אין בקרת מיקרופרוססור ומהירות זרימת האוויר שלהם יורדת כנגד סתימת המסנן. המנדפים מכוונים ידנית על ידי טכנאי, אחת לתקופה, כאשר זרימת האוויר יורדת אל מתחת לתקן והמנדף מתריע. מנדפים מסוג זה עדיין משווקים בארץ והם נחשבים למיושנים.

כמובן שאין צורך להוסיף מסנן HEPA לפני המפוח החיצוני, כיוון שהאוויר הנפלט כבר מסונן על ידי המסנן הפנימי של המנדף. חיבור אצבעון למנדף מטיפוס A2 מאפשר לו ורסטיליות לעבודות שונות, לכן, נוטים ממוני בטיחות להמליץ על סידור זה במידה שהוא אפשרי. לא תמיד אפשר להתקין תעלות מתאימות בבניינים קיימים, אך אין כל בעיה להציג דרישה זו בשלב של תכנון המבנה.

ערך הסף של ריכוז הכימיקלים הנדיפים שניתן להתיר לשימוש במנדפים ללא ניתוב פליטה באמצעות חיבור אצבעון ניתן לחישוב מריכוזי החומר, ממהירות הזרימה והספיקה, וכן מקצב החלפות האוויר בחדר המדובר. ככל שהחומר מסוכן יותר ונדיף יותר, יהיה צורך להשתמש בחיבור אצבעון.

דוגמה לחישוב מסוג זה הובאה במאמר בנושא זה, שפורסם במקור מס' 1 שברשימה הביבליוגרפית, ובו נערכה השוואה לגבי שימוש בכימיקלים נדיפים בשלושה טיפוסים של מנדפים ביולוגיים. לגבי האפיון הטכני של מנדפים - עדיף להשתמש במנדף בעל בקרה אלקטרונית, עם רגש מהירות זרימה ומנוע ECM. ■

מקורות

1. Stuart DG et al. Comparison of chemical vapor handling by three types of class II biological safety cabinets. From Particulate & Microbial Control, March/April 1983.
2. European Standard EN 12469 Certified Biological Safety Cabinets.
3. NSF 49 Certified Biological Safety Cabinets.

יום הארגונומיה הישראלי 28.2.17

**יום הארגונומיה הישראלי מצוין כל שנה
ביום האחרון של חודש פברואר,
והשנה יחול ביום ג' 28.2.17.**

**באותו יום מצוין ברחבי העולם היום הבינלאומי
להגברת המודעות לפגיעות שריר-שלד
מצטברות. זאת הזדמנות להגביר את
המודעות בנושא גורמי סיכון ארגונומיים,
פגיעות שריר-שלד מצטברות הקשורות
לעבודה ולאמצעים להפחתת הסיכונים.**

**לפרטים על יום העיון לציון יום הארגונומיה
הישראלי ולעדכונים בנושא פעילות המוסד
לבטיחות בארגונומיה,
ראו במדור הארגונומיה של אתר המוסד
לבטיחות או בעמוד הפייסבוק.
כי העבודה לא צריכה להכאיב!**

