

יעילות אנרגטית באמצעות מאווררי ענק תעשייתיים – HVLS

מרצה: עומר צימר – זהר הנדסה ומיזוג אוויר (1976) בע"מ

OMER@ZOHAR-ENERGY.COM

זהר הנדסה

- ממובילות שוק פתרונות מיזוג האוויר בישראל במהלך שנות ה-70 וה-80. כיום מתמקדת החברה בייבוא פתרונות אנרגיה חדשניים למגזר העסקי.
- החברה מייצגת, בין היתר, את:
 - MacroAir - ארה"ב ממציאת מאוורר הענק
 - Hunter - ארה"ב ממציאת מאוורר התקרה
 - Mandik - צ'כיה יצרנית יחידות טיפול באוויר
 - AMC ספרד - ממובילות שוק הבולמים והקפיצים באירופה
 - GRC Cooling ארה"ב - המתמחה בפתרונות קירור בשמן מינרלי לחדרי שרתים

מאוורי ענק - מאפיינים עיקריים

- קוטר כנף 1.8-7.3 מטר בהינע ישיר או בתמסורת
- מאפשרים הנעת אוויר בחללים גבוהים וגדולים
- מייצרים איזון בריבוד האוויר בחלל
- פתרון לחללים בהם לא ניתן לבצע מיזוג אוויר, אך גם לחללים ממוזגים בשל היכולת להקטין תפוקת מיזוג אוויר מתוכננת



מאוררי ענק - תקנים



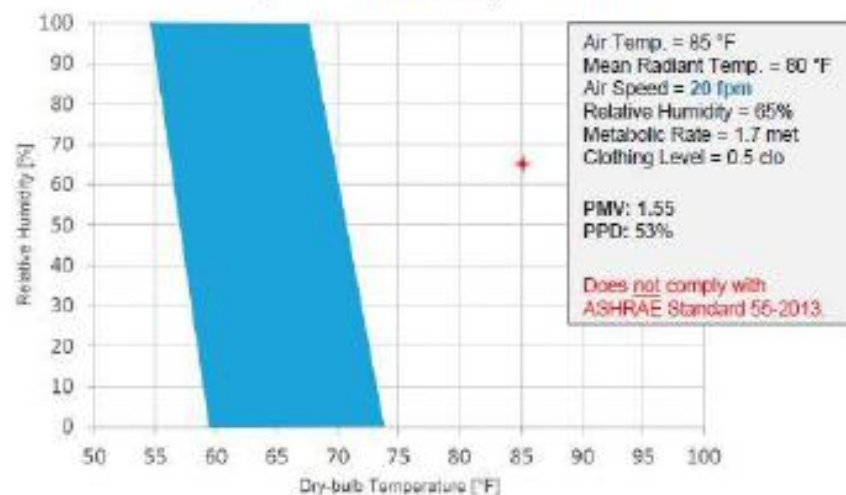
ANSI/ASHRAE תקן 55-2013 – תנאים תרמיים סביבתיים לשימוש אנושי - מגדיר את טווח התנאים התרמיים בתוך מבנה, הסבירים עבור המשתמשים בו, ומיועד לשימוש בעיצוב, תפעול, והזמנת בניינים וחללים מאוישים אחרים. הוא מכיל מגוון הולך וגדל של פתרונות עיצוב המיועדים הן לספק נוחות, והן לכבד את מה שמתחייב כיום בנוגע לבניינים ברי-קיימא.

ANSI/ASHRAE תקן 55 מגדיר נוחות תרמית כ"מצב נפשי המביע שביעות רצון מהסביבה התרמית, המוערך באופן סובייקטיבי".¹

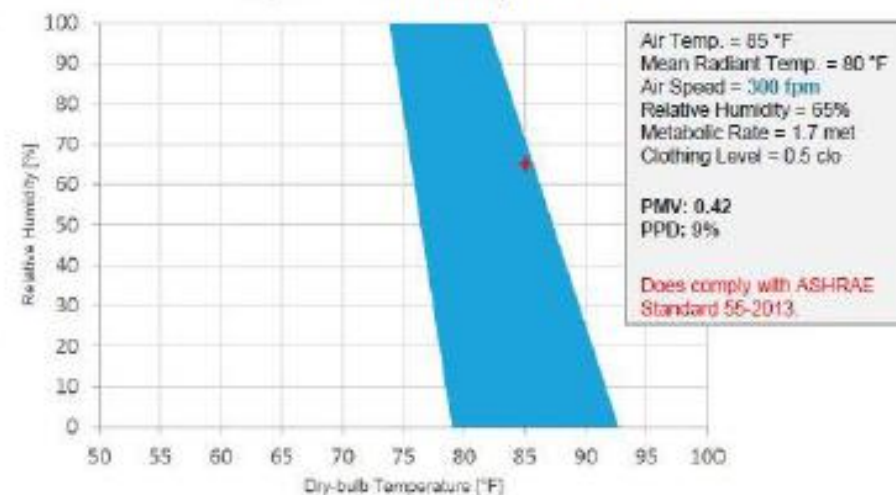
מאווררי ענק – כלי תכנון

תוכנת כלי הנוחות התרמית של ASHRAE וכלי הנוחות התרמית המקוון CBE ניתנים לשימוש ע"י חישוב מדדי הנוחות התרמית וחיזוי נוחות תרמית באמצעות מספר מודלים קיימים. מודלים אלה עקביים ביחס ל- ANSI/ASHRAE תקן 55, ומתאימים לשימוש עם USGBC's LEED. טבלאות אלה הן דוגמא לחיזויים השונים הניתנים לביצוע כאשר משתנה אחד (מהירות אוויר) משתנה.

תנאי מחסן ביום קיץ טיפוסי: מאוורר HVLS
טמפרטורה – לחות יחסית



תנאי מחסן ביום קיץ טיפוסי: זרימת אוויר נמוכה
טמפרטורה – לחות יחסית



מאוררי ענק - השפעות

NASA CR-1205-1, "מכלול תגובות אנושיות לסביבת החלל", הוא דו"ח שמראה שכאשר טמפרטורות במפעל עולות מעל 29 מעלות צלזיוס, התפוקה יורדת ב-18% ודיוק העובדים יורד ב-40%. לכן אימוץ אסטרטגיה שמשפרת את תנועת האוויר בתוך המתקן יכולה ליצור הורדת טמפרטורות עבור העובדים, ובכך לשמר את רמות היצרנות והדיוק.

טמפרטורה מעשית	ירידה בייצור	ירידה בדיוק
°23.8	3%	זניחה
°26.6	8%	5%
°29.4	18%	40%
°32.2	29%	300%
°35	45%	700%
°37.7	62%	-
°40.5	79%	-

*טמפרטורה מעשית היא שילוב ההשפעות של טמפרטורה, לחות ותנועת אוויר על הגוף

מאווררי ענק – יעילות אנרגטית

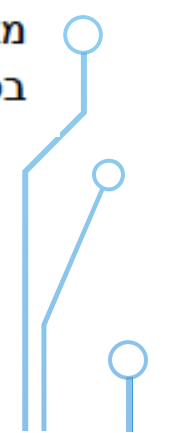
מתקנים גדולים פגיעים יותר בפני דליפות אוויר

ככל שהחלל גדול יותר, כן יותר סביר שיש בו דליפות בחלונות או בדלתות. כיוון שלמתקנים גדולים יש בד"כ תקרות גבוהות, יותר מאתגר עבור מנהלי המבנה לזהות מצבים אלה ולטפל בהם. במתקנים גדולים יש בד"כ דלתות שנפתחות תכופות מסיבות שונות כולל שינוע של מטענים. כאשר בבניינים יש דליפות כאלה, קשה יותר למערכת ה-HVAC לשמור על האוויר קריר או חמים יותר מאשר בחוץ. כלכלית, אין זה מעשי להשתמש בחללים גדולים ולהשיג נוחות אנושית.

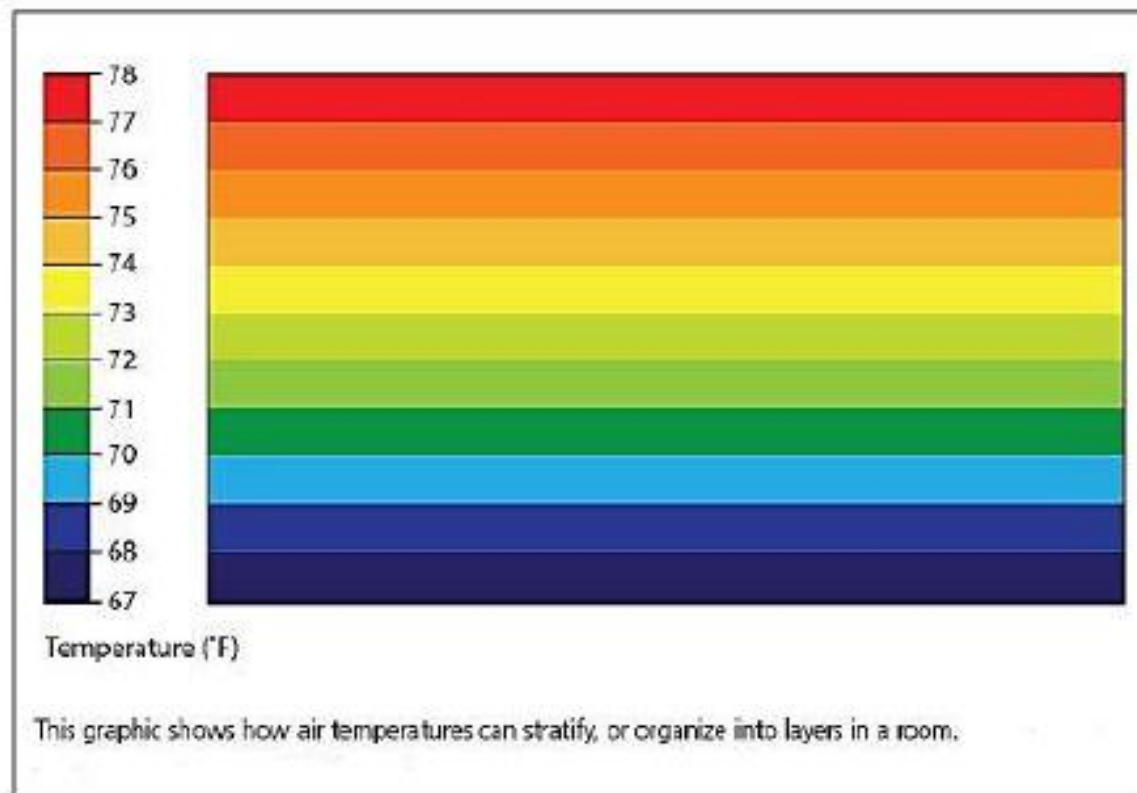
חללים גדולים דורשים פתרונות HVAC מורכבים

מערכות HVAC מהוות בד"כ פתרונות מורכבים לשליטה אקלימית, ודורשות הרבה תעלות, מדחס, יחידת דחיסה, ורכיבים אחרים. גודל מערכת ה-HVAC גדל בהתאם לגודל המתקן. ככל שהחלל גדול יותר, כן עיצוב ה-HVAC יהיה גדול יותר. מערכות HVAC גדולות גם מפעילות לחץ מוגבר על תשתית הבניין.

מאווררי HVLS ניתנים להוספה למערכת HVAC בעודם מייצרים אפקט מקרר ועוזרים לשמור על טמפרטורה קבועה בכל המתקן, ולחסוך בעלויות אנרגיה.



מאווררי ענק – יעילות אנרגטית



בחדרים גדולים, אוויר שאינו זז יתרבה בשכבות טמפרטורה שונות כאשר הטמפרטורות הקרות יותר קרובות יותר לרצפה, והחמות יותר קרובות יותר לתקרה. פער הטמפרטורות בין הרצפה לתקרה בחדרים מסוימים יכול להגיע עד ל-8-12 מעלות (פרנהייט, 11-13 צלזיוס).

ריבוד אוויר בחדר יכול להביא לחשבונות אנרגיה גבוהים כיוון שהרבה מהאוויר הממוזג שנוצר ע"י מערכת המיזוג אינו מוסע בצורה יעילה עד למשתמשים בחדר. אפקט זה יוצר סביבה שעלולה להיות לא נוחה ועשויה לדרוש ממערכת HVAC לעבוד קשה יותר כדי לפצות על כך. ע"י יישום אסטרטגיית הנעת אוויר מוצלחת, בעיית הריבוד בחללי העבודה יכול להיפתר: האוויר החם והקר מעורבבים והאוויר הממוזג מופץ כמתוכנן.

מאווררי ענק – יעילות אנרגטית

בלי קשר להיכן בעולם הם ממוקמים, מחסנים ומפעלים גדולים סובלים לעתים מבעיות קירור. בחודשי הקיץ, הטמפרטורות בפנים יכולות להגיע לרמות לא נעימות. מנהלי בניינים רבים סומכים על מערכות מיזוג אוויר שיקררו את האוויר. השילוב של חום מבחוץ, זרימת אוויר גרועה, והחום המופק בתוך המתקן יכול בקלות לעלות על הספק מערכת מיזוג האוויר.

מניעת ריבוד בקיץ

שימוש במאווררי HVLS לקירור מבטיח שהאוויר המקורר המסופק מונע ברחבי כל המתקן ומופץ שווה בשווה בסביבות הפנימיות, תוך חיסול נקודות קרות או חמות.

הפחתת עלויות

עבור המתקן הממוצע, חיסכון בעלויות כתוצר של 14% הפחתה בצידוד מיזוג האוויר יכול להתרחש כאשר מאווררי HVLS משמשים בשילוב מערכת HVAC.

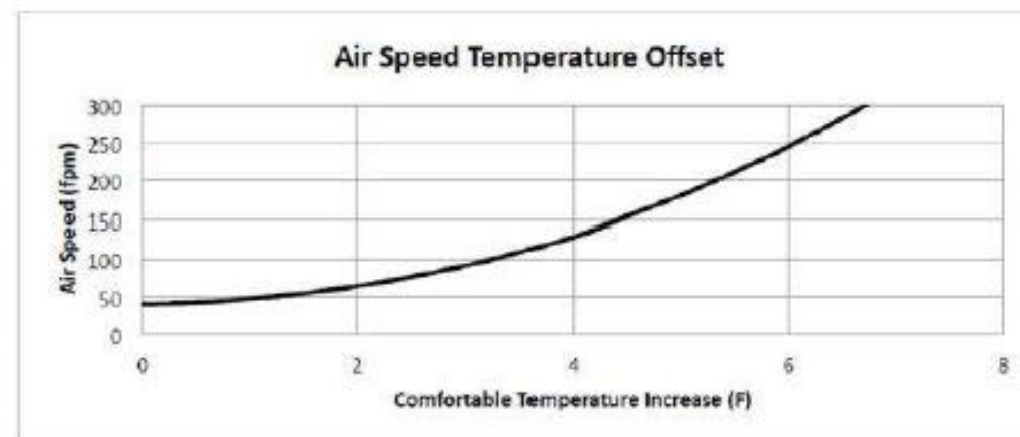
הפחתת אנרגיה

בממוצע, ניתן להשיג חיסכון עלויות כתוצר של 20% הפחתה בניצולת האנרגיה ע"י שימוש במאווררי HVLS. חסכונות נוספים אפשריים ע"י הפחתת אורך התעלות כיוון שמאווררי HVLS מניעים את האוויר לכל האזורים באופן שווה.

מאווררי ענק – יעילות אנרגטית

מאווררי HVLS יכולים להתווסף ל HVAC-בעודם משתמשים במעט מאוד אנרגיה .
מאווררי HVLS עובדים היטב בצירוף מיזוג אוויר, בעוד המפתח לפעולתם היעילה היא שמירה על לחות קבועה.

לפי ASHRAE 90.1-2013, מנגנוני השליטה והתזמון ניתנים לשינוי בהינתן שרמות הנוחות התרמית של המשתמשים בחלל מבטאות כחלק משיטת החישוב. כאשר אפשרות זו קיימת, ניתן לכוון את המערכת ולהעלות את נקודת ההתניה הרצויה בעד 15 מעלות (פרנהייט (ובכך להביא לחיסכון אנרגטי משמעותי. מוערך שחיסכון זה יכול להגיע לעד 5% למעלה .
התקנון האחרון של ASHRAE 55 לגבי נוחות תרמית עסק בהשפעת הקירור של מהירויות אוויר הגדולות מ 30fpm^3 .



מאווררי ענק – יעילות אנרגטית

בלי קשר להיכן בעולם הם ממוקמים, מחסנים ומפעלים גדולים סובלים לעתים מבעיות קירור. בחודשי הקיץ, הטמפרטורות בפנים יכולות להגיע לרמות לא נעימות. מנהלי בניינים רבים סומכים על מערכות מיזוג אוויר שיקררו את האוויר. השילוב של חום מבחוץ, זרימת אוויר גרועה, והחום המופק בתוך המתקן יכול בקלות לעלות על הספק מערכת מיזוג האוויר.

מניעת ריבוד בקיץ

שימוש במאווררי HVLS לקירור מבטיח שהאוויר המקורר המסופק מונע ברחבי כל המתקן ומופץ שווה בשווה בסביבות הפנימיות, תוך חיסול נקודות קרות או חמות.

הפחתת עלויות

עבור המתקן הממוצע, חיסכון בעלויות כתוצר של 14% הפחתה בצידוד מיזוג האוויר יכול להתרחש כאשר מאווררי HVLS משמשים בשילוב מערכת HVAC.

הפחתת אנרגיה

בממוצע, ניתן להשיג חיסכון עלויות כתוצר של 20% הפחתה בניצולת האנרגיה ע"י שימוש במאווררי HVLS. חסכונות נוספים אפשריים ע"י הפחתת אורך התעלות כיוון שמאווררי HVLS מניעים את האוויר לכל האזורים באופן שווה.

מאווררי ענק – שדה תעופה ולנסיה

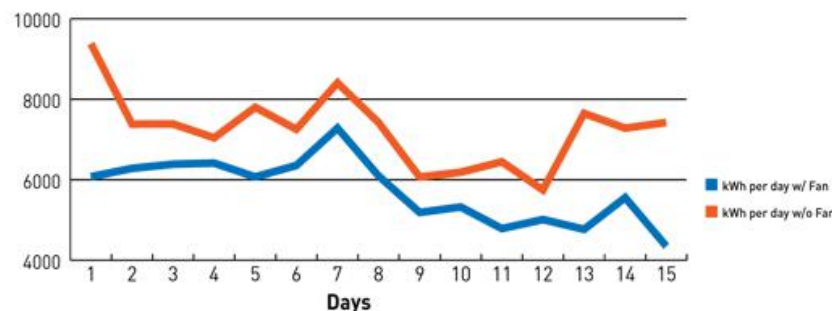
- ENEA המפעילה הגדולה ביותר של שדות תעופה באירופה החליטה לשלב מאווררי ענק ביחד עם מיזוג אוויר
- החיסכון שהושג על ידם בשדה בינוני הוא כ-500,000 ש"ח בשנה.

COOLING EFFICIENCY RESULTS AT VALENCIA AIRPORT*

Based on 50,000 sq.ft., using just two 24' fans.

kWh per day w/ Fan	kWh per day w/o Fan
6075	9380
6282	7383
6387	7386
6414	7042
6070	7801
6356	7253
7284	8407
6095	7422
5188	6068
5323	6187
4786	6446
5012	5746
4768	7649
5556	7282
4349	7423
Average: 5729	Average: 7258

Daily average saved: 1528kWh



Actual test results*

Approximate price of kWh: 12¢ [0,11€]
Daily savings: 12¢ x 1528.67 kWh = \$183.44 [168,15€]
Estimated Annual Savings: \$183.44 x 30 x 12 = \$66,038.40 [60.535,32€]

Estimated R.O.I: 1.3 months
Projected Annual Savings**: \$192,697.54 [181.605,96€]

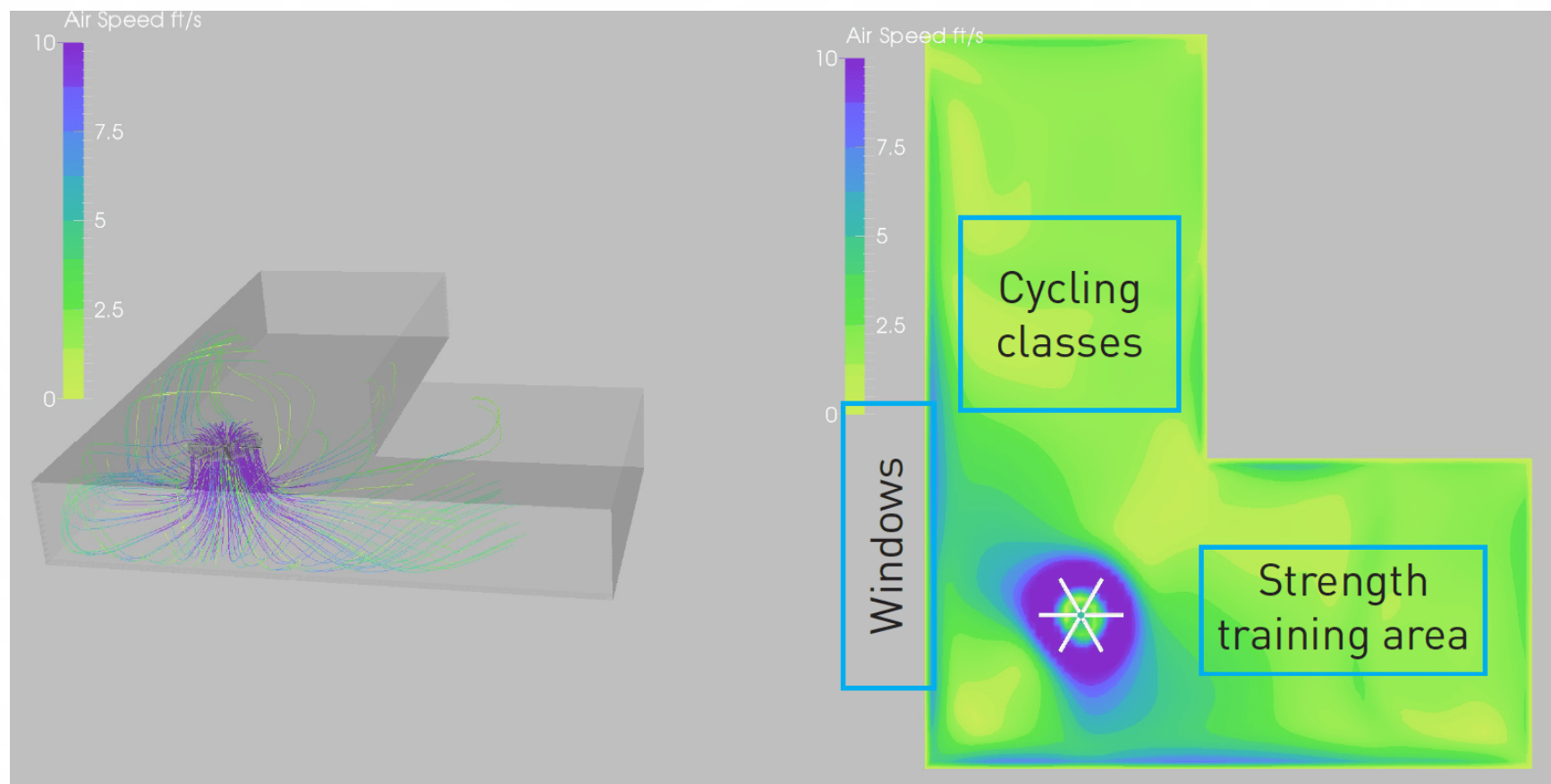
* Tests were performed by isolating the control of the air conditioning and ventilation system, as well as reviewing spot thermal sensation of passengers

** Projected Annual Savings is projected by installing equipment in all three terminals

© 2015 MacroAir Technologies, Inc. 1995 - 2015 All Rights Reserved

מאווררי ענק – בחירה נכונה

- רצוי לבצע בחירה ממוחשבת והדמיה לכל חלל אותו אתם מתכננים לבחירה נכונה של מאוורר



מאווררי ענק – עדכון תקן

- תקן התכנון שמתייחס למאווררי ענק הוא AMCA 230. בגרסה המקורית מ-99 חלה טעות חישוב. לפיכך ב-2017 עצרו הספקים את פרסום נתוני CFM שלהם.
- ב-15.6.2018 נכנס לתוקף התקן המעודכן (2015) וכעת מעבדות בדיקה מורשות יכולו לפרסם תוצאות מועדכנת לכמויות אוויר.
- החל מ-2020 כל יצרן יהיה מחויב להציג נתונים בצורה אחידה בהתאם לדרישות ה-DOE (משרד האנרגיה האמריקאי)

with AMCA 230-12. In the case of airflow calculated from thrust, it is worth noting the equation in AMCA 230-99 inflates performance by incorrectly multiplying by the square root of 2; if performance data are determined using AMCA 230-99, updated published airflow will decrease by approximately 30%.

מאווררי ענק – עדכון תקן

TABLE 1 Impact of test method on a circulator fan's maximum-speed performance data.

TEST METHOD	POWER (WATTS)	THrust (POUNDS FORCE)	AIRFLOW (CFM)
AMCA 230-99	750	36.5	113,664
AMCA 230-07	750	37.0	N/A
AMCA 230-12	750	37.0	80,897
AMCA 230-15	750	37.0	80,365
DOE Regulations 2016/17	750	37.0	80,365

$$\text{DOE Efficiency (cfm/W)} = \frac{\sum_i (\text{Airflow}_i \times \text{OH}_i)}{W_{sb} \times \text{OH}_{sb} + \sum_i (W_i \times \text{OH}_i)}$$

$$\text{Large Diameter Fan DOE Efficiency} = \frac{\text{Airflow}_{20\%} \times \text{Hours}_{20\%} + \text{Airflow}_{40\%} \times \text{Hours}_{40\%} + \dots + \text{Airflow}_{100\%} \times \text{Hours}_{100\%}}{W_{20\%} \times \text{Hours}_{20\%} + W_{40\%} \times \text{Hours}_{40\%} + \dots + W_{100\%} \times \text{Hours}_{100\%} + W_{sb} \times \text{Hours}_{sb}}$$

$$W_{20\%} \times \text{Hours}_{20\%} + W_{40\%} \times \text{Hours}_{40\%} + \dots + W_{100\%} \times \text{Hours}_{100\%} + W_{sb} \times \text{Hours}_{sb}$$

where

- Airflow_i - Airflow at speed i
- OH_i - Operating hours at speed i
- W_i - Power consumption at speed i
- OH_{sb} - Operating hours in standby mode
- W_{sb} - Power consumption in standby mode

תודה על ההקשבה



יבואן בלעדי של חברת
MacroAir
engineers of air™