

מערכת ראייה לעגורני צריח

בתאונות קטלניות רבות שאירעו באתרי בנייה בשנה החולפת היו מעורבים עגורנים. תרומתה החשובה של מערכת הראייה לעגורנים, שפותחה בטכניון, היא בתחום הבטיחות. "פקיחת עיניהם" של העגורנאים לאזורים הנסתרים מן העין, מרוחקים או חשוכים, באמצעות מערכת הראייה המלאכותית, תמנע מצבים העלולים להוביל לתאונה

מאת פרופ' יחיאל רוזנפלד

ראש המכון הלאומי לחקר הבנייה
וראש התוכנית לניהול הבנייה, הטכניון



תמונה 1: מערכת ראייה קריין ויז'ין - יחידה חיצונית ויחידה פנימית

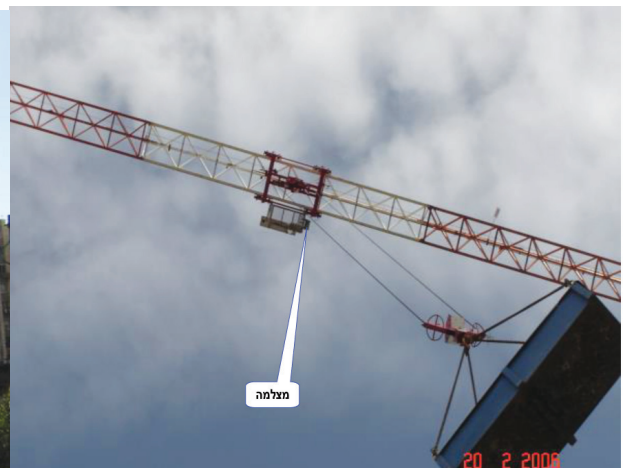
השמועה עברה מפה לאוזן, בעיקר בקרב חברות הבנייה הגדולות: מכשיר קטן וחכם, בשם קריין ויז'ין (Crane Vision), מאפשר שמירת קשר עין רצוף ואיכותי בין העגורנאי היושב בתאו במרומי הצריח, לבין המטען שהוא משנע, גם כאשר המטען מוסתר מעיניו או מרוחק ממנו, וגם בשעות החשכה. מטרת השימוש במכשיר, היא, בראש ובראשונה, בטיחותית, אך המכשיר גם חוסך לקבלן בכל חודש בין 5,000 ל-20,000 שקל, בעוד עלות השכירות החודשית שלו היא כ-2,500 שקל בלבד. עד היום, כבר נבנו בעזרת מערכות קריין ויז'ין כ-300 פרויקטים ברחבי הארץ: בנייני מגורים, מגדלי משרדים, מבני תעשייה ועוד. לפי עדותם של מנהלי ציוד ומנהלי פרויקטים בחברות הבנייה המובילות, כדאי להרכיב את המערכת על כל עגורן ובכל סוג של פרויקט, בין אם הוא גבוה, בין אם נמוך, בין אם יש בו אזורים הנסתרים מעיני העגורנאי, בין אם לאו. "לעבוד ללא מערכת ראייה בבניין שבו יותר משמונה קומות, זו טיפשות ובזבוז כסף.

אבק וכיו"ב. המערכת מורכבת משני חלקים עיקריים - חיצוני ופנימי (תמונה 1). החלק החיצוני, הנייד, מותקן על הקרונית (Trolley), הנוסעת לאורך הזרוע האופקית של העגורן, ובתוכו, בין היתר, מצלמת וידאו ומשדר וידאו, המעבירים בזמן אמת (בדומה למוליט) את התמונה של זירת העבודה אל העגורנאי היושב בתאו. האונקל והמטען מצויים תמיד במרכז התמונה במבט מלמעלה. החלק הפנימי מותקן בתא העגורנאי, וכולל, בין היתר, מקלט וידאו וצג צבעוני איכותי, שהעגורנאי צופה באמצעותו במטען

יש טיפשים שמנסים לחסוך את האגורה ומפסידים את השקל, כך התבטא מנהל ציוד של חברת בנייה מובילה.

תיאור המערכת

מערכת Crane Vision היא מוצר היי-טק ישראלי שפותח על ידי שלושה: ישראל מזרחי, מומחה לאלקטרו-אופטיקה, ושני פרופסורים מן הטכניון, אביעד שפירא ויחיאל רוזנפלד. היא תוכננה במיוחד כך שתעמוד בתנאים הסביבתיים והפיזיים הקשים של אתר הבנייה - חשיפה מתמדת לפגעי מזג האוויר, רעידות,



תמונה 2: מערכת ראייה קריין ויז'ין מועילה הן בבניינים גבוהים והן בנמוכים

של מנהלי ציוד בחברות בנייה מובילות, מערכת הראייה חוסכת החלפה אחת בשנה, לפחות, של כבלי ההרמה, שעלותה מסתכמת ב-50,000 שקל לפחות, לרבות ביטול זמן של עובדי האתר.

איכות

השימוש במערכת הראייה מאפשר לעגורנאי לדייק הרבה יותר בהצבת טפסות ורכיבי בניין במקומם הרצוי. הוא רואה תמיד, כמו עיניו, גם את המטען וגם את זירת העבודה, ומשתמש כרצונו בפונקציה הזום של המצלמה, כך שהוא יכול לסייע לאנשי הצוות לדייק ככל שיצטרכו בהצבת הרכיבים.

נוסף על שיפור האיכות בהיבט הדיוק, המערכת מסייעת לעגורנאי להימנע מהתנגשויות ומהתחככויות בין המטען ובין האובייקטים האחרים שהוא חולף על ידם, בעיקר באזורי הפריקה והטעינה. זמני ההמראה והנחיתה הם הרגישים והמועדים ביותר לפורענות, הן בהיבט ההתנגשויות (בדרך כלל רק התחככויות קלות), הפוגמות באיכות, והן בהיבט חשיפת העובדים לסכנות של תאונות עבודה.

היבט שלישי, של איכות, נוגע לעבודות המבוצעות בעת חשכה. המצלמה הרגישה של המערכת מאפשרת מעין "ראיית לילה" גם כאשר יש חושך מסביב ורק אזור העבודה מוצף באור כללי של זרקורים. המערכת מאפשרת עבודה איכותית ומדויקת גם בלילה.

חיסכון נוסף בתשומות עבודה בא לידי ביטוי בהקטנת מספר שעות העבודה המוקדשות לתחזוקת העגורן ולתיקונו, לרבות בזבוז שעות העבודה של פועלי האתר בעת השבתת העגורן לצורכי תיקונים ותחזוקה. ההפעלה ה"חלקה" והעדינה יותר של העגורן, המתאפשרת בזכות מערכת הראייה, חוסכת בהתעייפות החומר (בעיקר ריתוכים, ברגים וכיו"ב) של מבנה העגורן, של המנועים, של המצמדים ושל המעצורים שלו. קשר העין המתמיד של העגורנאי עם המטען גורם לו לעשות פחות תנועות פתאומיות של עצירה והאצה, ופחות תנועות מיותרות של ניסוי וטעייה. הוא מנווט את דרכו בצורה חלקה יותר, ולכן מפעיל פחות מאמצים על כל מערכות העגורן, הן המבניות (הקונסטרוקטיביות) והן האלקטרו-מכניות. מערכת הראייה חוסכת, אפוא, בצורה משמעותית בעלויות התחזוקה והתיקונים של העגורן, בחלקי חילוף ובעבודה ישירה ועקיפה.

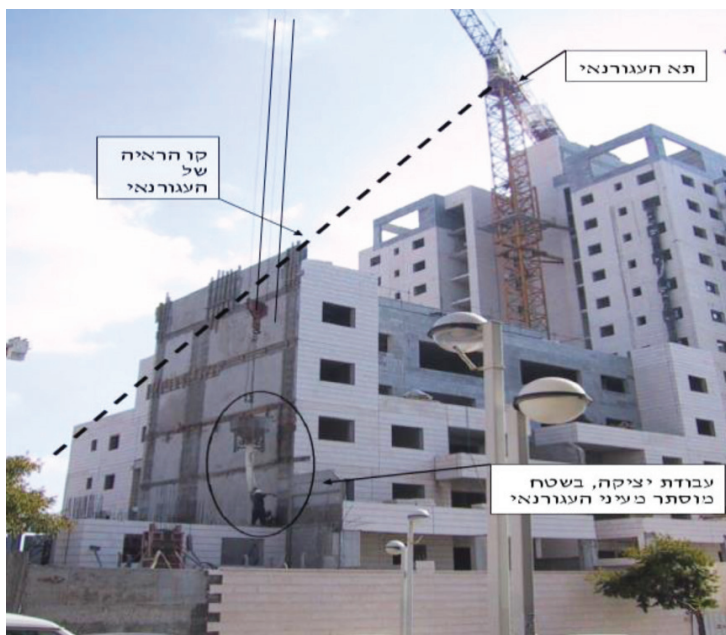
כמו כן, חוסכת מערכת הראייה באופן מיוחד את הצורך בהחלפה תכופה של כבל ההרמה. כבל זה נוטה להתחכך תדיר בשפתו העליונה של הבניין, בעת שהעגורנאי מנסה להתקרב ככל האפשר עם מטען המיועד לאחת מקומות הביניים.

המבט מלמעלה על האונקל באמצעות המצלמה מאפשר לעגורנאי לאמוד בצורה מדויקת יותר את המרחק שבין הכבל לבין שפת הבניין, ועל ידי כך להימנע מחיכוך ביניהם. לפי עדויותיהם

המשונע ובזירת העבודה המוסתרים או רחוקים מעיניו. יחידה פנימית זו כוללת גם משדר רדיו, שבאמצעותו אפשר לשלוט בפונקציות שונות של היחידה החיצונית הניידת, ובעיקר בהחלפת מצבי "זום" של המצלמה, לפי נוחיותו של העגורנאי. המכשיר מספק קשר עין רציף ואיכותי בין העגורנאי ובין המטען המשונע על ידו, ותורם רבות הן לבטיחות העבודה והן לשיפור יעילותה.

חיסכון בתשומות עבודה

המכשיר חוסך הן בזמן עבודה ישיר של צוותי הפועלים העוסקים בשינוע המטען, והן בזמן עבודה עקיף של העגורנאי, של האתת ושל הצוות הניהולי המעורב בפעילות. במחקרי עבודה שיטתיים נמצא שהמערכת מקצרת את זמני המחזור במשימות הנפה טיפוסיות בכ-30%, וכי היא חוסכת באופן אפקטיבי לפחות שעת עבודה אחת בכל יום, לצוות אופייני של שישה עובדים (באזורי הפריקה והטעינה), שקצב העבודה שלהם מוכתב במידה רבה על ידי העגורן, ונוסף על כך, הוא חוסך בתשומות העבודה של עוד שלושה עובדים, לפחות, יקרים יותר: מנהל העבודה, העגורנאי והאתת. החיסכון הממוצע בתשומות עבודה מצטבר לכדי שווה ערך של 10 שעות עבודה, לפחות, מדי יום ביומו. באתרי בנייה "לחוצים", שבהם העגורן עסוק בצורה אינטנסיבית, החיסכון היומי הממוצע מצטבר אף לכדי 20 שעות עבודה ביום.



תמונה 3: מימין - פנל סולארי לאספקת אנרגיה נקייה וזמינה. משמאל - יציאה באזור נסתר מעיני העגורנאי, אך הוא רואה את סימני הידדים של היוצקים בעזרת המצלמה, ומגיב בהתאם

בטיחות וניהול בעבודה

במקביל לתרומתה ליעול העבודה, תרומתה החשובה יותר של המערכת היא בתחום הבטיחות. העגרון מעורב ומשמש גורם מרכזי בהרבה מאוד תאונות עבודה באתרי בנייה. "פקיחת עיניהם" של העגורנאים לאזורים הנסתרים, המרוחקים והחשוכים, באמצעות מערכת הראייה המלאכותית, מונעת מצבים העלולים להוביל לתאונה. בין היתר, העגורנאי יכול להעיר לפועלים על אופן קשירת המטען או על צורת הפריקה שלו, ובמקרים קיצוניים אף יסרב להרים מטען שנקשר ברישול או באמצעות אביזרי הרמה שאינם תקינים; בלא מעט עדויות מן השטח דווח על מקרים כאלה. בעקיפין, העגורנאי מחנך את כל הנעזרים בשירותיו להיות זהירים יותר, והוא עצמו חש אחריות אישית גדולה יותר, משום שאין הוא יכול עוד לומר "לא ראיתי איך הם קשרו". באמצעות פונקציית הזום של המצלמה הוא רואה הכול, תמיד.

חלק ניכר מתאונות העבודה שמעורבים בהן עגורנים נובע מבעיות תקשורת בין העגורנאי ובין האתת או ראש הצוות, המצויים בזירת העבודה, והמדריכים אותו באמצעות מכשיר אלחוט, בעוד הוא אינו רואה את אשר הוא עושה. לעתים, המדריך מן הזירה טועה בהוראותיו (למשל, אומר "ימינה", ומתכוון לימין של עצמו, בעת שלגבי העגורנאי זה "שמאלה"); לעתים, המדריך מתבלבל במילים כיוון שאינו דובר היטב את שפתו של העגורנאי (תופעה נפוצה במקומותינו); לעתים, יש בעיות של תגובת יתר מצד העגורנאי (למשל, כאשר בהנחתה של מטען כבד על מרפסת זיזית הוא הצטווה באלחוט להוריד "עוד, עוד, עוד", עד שהוריד גם את המרפסת יחד עם המטען); לעתים, נגרמות תאונות עקב זמן התגובה, הגורם להשהיה קריטית בין מתן הפקודה המילולית במכשיר האלחוט על ידי האתת, ובין ביצועה בפועל על ידי העגורנאי; ולעתים, העגורנאי אינו שומע את הפקודה בבירור או מפרש אותה בצורה לא נכונה.

לעומת כל אלה, כאשר העגורנאי רואה הכול במו עיניו (לא במקום ההכוונה באמצעות מכשיר אלחוט, אלא כתוספת להכוונה), הוא פועל בצורה בטיחותית ובוטחת הרבה יותר.

היבט אחר בתחום זה נוגע לגיהות העגורנאי, אשר מאמץ פחות הן את עיניו והן את גופו, כי אינו צריך עוד להתכופף

מתאו החוצה או לאמץ את עיניו כדי לראות את המטען. כאשר נפסק קשר העין הישיר או האיכותי עם המטען, העגורנאי מסיט את מבטו לעבר הצג הצבעוני של המערכת ורואה דרכו. העבודה הרגועה יותר והמאומצת פחות מסייעת לו לעבוד בצורה שקולה ובטוחה יותר, כך שנוצרת העצמה הדדית בין הבטיחות של כלל העובדים סביב העגרון לבין הגיהות והנוחיות הארגונומית של העגורנאי עצמו. כאשר העגורנאי רגוע, רואה הכול ומתאמץ פחות, הוא גם עובד באופן בטוח.

ההשפעה על משך הפרויקט

לדברי משתמשים ותיקים במערכת הראייה לעגרון, היא חוסכת להם לפחות שני ימי עבודה בחודש, במיוחד בתקופה של הקמת השלד. ערכו של כל יום חיסכון במשך ביצוע הפרויקט, מבחינת תקורות האתר בלבד, מסתכם ב-5,000 שקל לפחות, וערכם של שני ימים - מסתכם ב-10,000 שקל לחודש, לפחות. קיצור משך הביצוע מועיל הן לקבלן והן לזים בדרכים נוספות, ובהן: הקטנת עלויות המימון, הקדמת האכלוס או השימוש המועיל במבנה ומניעת קנסות פיגורים או קבלת בונוסים בגין הקדמת המסירה.

חיסכון כספי

עלות מערכת קריין ויזין ברכישה היא כ-45,000 שקל, ובשכירות - כ-2,500 שקל לחודש. אורך חייה הכלכליים כחמש שנים, והעלויות השוטפות לתחזוקה ולהתקנות חוזרות הן כ-5,000 שקל לשנה. כאשר מחברים יחדיו את התועלות השונות, מגיעים לחיסכון כספי, העולה עשרות מונים על עלות הרכישה או על דמי השכירות החודשיים.

החיסכון בתשומות עבודה ישירות, של 10 שעות עבודה במוצע ליום, לפי 50 שקל לשעת עבודה, עולה לכדי 500 שקל ליום, ובהתחשב ב-20 ימי עבודה בחודש, לפחות, החיסכון החודשי בזכות המערכת מגיע לכדי 10,000 שקל - משמע, בחיסכון הישיר של חמישה חודשים אפשר ממש לרכוש את המערכת, ואילו באופציית השכירות החודשית, החיסכון החודשי הישיר בתשומות עבודה הוא לפחות פי 4 מדמי השכירות מדי חודש בחודש.

באחד הסעיפים הקודמים הושב גם החיסכון בדמי התחזוקה והתיקונים של העגרון, עקב ההפעלה העדינה, החלקה והיעילה בזכות מערכת הראייה.

החיסכון השנתי בסך כ-50,000 שקל מכסה חמש פעמים את עלות הרכישה של המערכת, שאורך חייה הכלכליים הוא כחמש שנים.

החיסכון כתוצאה מקיצור משך הפרויקט, המחושב לעיל, מגיע מדי חודש בחודשו ל-10,000 שקל לפחות. לפיכך, גם הוא לבדו מכסה את עלות הרכישה או את עלות השכירות 4 פעמים לפחות.

עבודת לילה יעילה, המתאפשרת בזכות המערכת, גם היא, בפני עצמה, די בה כדי לכסות כמה וכמה פעמים את העלות החודשית שלה.

ואחרון אחרון חביב וחשוב: מניעת תאונה אחת רצינית במהלך כל שנות חייה של המערכת שווה הרבה יותר מכל עלותה.

מגבלות וחסימים בשימוש

העלות הראשונית של כ-45,000 שקל היא החסם הראשוני בפני רכישת המערכת. מאחר שאפשר להפעיל את העגרון גם בלעדית, לא כולם ממהרים לקנותה. ההוצאה ברכישה או בשכירות היא מוחשית, בעוד שבתועלות צריך תחילה להשתכנע. אלא שהמציאות הוכיחה שמי שהתנסה בשימוש בה, אינו מוכן לוותר עליה.

המבנה הארגוני האופייני של פרויקטי בנייה אינו מעודד את מנהל הפרויקט להשקיע מתקציבו בשדרוג של העגרון על ידי מערכת ראייה. קבלני המשנה, לרבות קבלני משנה לעבודת שלד, מקבלים את שכרם כנגד העבודות שהם עושים. מנהל הפרויקט מחויב לספק להם אמצעי הרמה, אך אין בידיו תמריץ מידי יותר מהמינימום שהוא מחויב לו על פי ההסכם ביניהם. מלבט שטחי וקצר ראות, מנהל הפרויקט נרתע מלהוציא כסף על חשבון התקציב של תקורת האתר על רכישה או על שכירות של מערכת ראייה, שאפשר להסתדר גם בלעדית. קבלני המשנה, מצדם, ודאי אינם רוצים לממן מערכת ראייה לעגרון שאינו שלהם אלא משרת באופן כללי את האתר כולו. העניין נופל, אפוא, בהרבה מקרים "בין הכיסאות".

לכל אחד מהגורמים בנפרד (קבלן ראשי, קבלן שלד, יום) כדאי לממן, אפילו לבדו, את כל עלות המערכת, ולו מצד האינטרסים שלו בלבד. ■