

שיפור תא נהג ברכב מרובה משימות

מאת פרופסור יששכר גלעד

הפקולטה להנדסת תעשייה וניהול, הטכניון, מכון טכנולוגי לישראל, חיפה

יש לציין כי העיסוק ההנדסי בתכן ברכבים כאלה הוא מורכב ודורש ידע רב-תחומי.

המחקר מציג שיטה להגדרת פרמטרים של ארכיטקטורת תא נהג ברכב מרובה-משימות. התוצר המעשי הוא שיפור התכן ההנדסי על בסיס שיקולים ארגונומיים, ובכך - הגברת הנוחות, הגדלת הבטיחות והקטנת החשיפה לגורמי נזק גופני. שיפורים אלה מלווים בהגברת יעילות התפקוד בפעולות השליטה בתא המפעיל. המחקר סיפק תכן טוב מהקיים בשני כלי שטח עליהם נבדקה התזה.

כדי לבסס את המחקר ולהפוך את מימצאיו למעשיים נערכה חקירה השוואתית של תאי נהג קיימים, בשני סוגים של כלי שטח: טרקטור מתקדם ונושא גייסות משוריין. השיטה המחקרית כללה שלוש חקירות נפרדות אשר למעשה תלויות זו בזו:

נושא 1: חקירה ויזואלית של מפעיל התא, הלוקחת בחשבון את ממדי המפעיל - לשם קבלת ערכי שליטה בסביבה במונחי שדה הראייה.

המוסד לבטיחות ולגיהות מקדם את הארגונומיה באמצעות פרסומים ופעילויות מונונת ברחבי הארץ.

מדור חדשות וחידושים בארגונומיה פותח צוהר לעשייה הארגונומית בארץ היום.

ארגונומים וקוראים אחרים מוזמנים למסור לפרסום עדכונים, ידיעות או מאמרים לידיעת ציבור העוסקים בבטיחות ובארגונומיה.

ד"ר יוהנה גייגר

מדריכת ארגונומיה ארצית

joang@osh.org.il



ישיבה מאולצת משימה, בתא מפעיל של כלי שטח בעת חריש

מתכנן. לצד התמיכה במיומנויות הנדרשות מן המפעילים והשאפה למזער פגיעות גוף אפשריות, קיים צורך לשפר את תפקודו של האדם מול מערכות התפעול והשליטה בתוך תא הנהג.

את עבודת המחקר, הנושא את השם: "תיכון ארגונומי על פי מדדי יעילות מפעיל ברכבים מרובי משימות", ביצע ד"ר בירן בהנחייתם של פרופ' יששכר גלעד מהפקולטה להנדסת תעשייה וניהול ופרופ' רבקה אוקסמן מהפקולטה לארכיטקטורה בטכניון. על עבודת המחקר הזו קיבל ד"ר בירן תואר ד"ר למדעים.

להגביר את הנוחות ואת הבטיחות

לרכב המיועד להתנייד בשטח בר, יש ארכיטקטורה מיוחדת הנגזרת ממשמיות הנוספות שמעבר למשימת הנהיגה השכיחה. תצורת תא הנהג בכלי כזה מאופיינת במורכבות גיאומטרית של כלי שליטה וצפיפות של אביזרי בקרה.

מטרת המחקר שבוצע בטכניון היה לתת מענה לתלונות העולות בקרב נהגי רכבי שדה. עיקר התלונות התמקדו בעייפות ומכאובי גוף בזמן ביצוע משימות. מאחר והספרות הקיימת הרלוונטית דנה מעט בתכן רכבים מרובי משימות, היה העיסוק בנושא מקורי ומאתגר.

מסקנות של חקירות בנוגע לנזקי גוף בקרב נהגי שטח (נהגי טרקטורים ורכבי 4x4, מפעילי ציוד מכני הנדסי - צמ"ה וכלי רכב צבאיים, כוחות שיטור ועוד) מעלות שתפקוד תחת לחצי גוף ומגבלות שליטה בכלי מהווים סיבות קלאסיות לתאונות. בעבודות הכרוכות בנהיגה בכלים מרובי משימות מסוגים אלה, נהוג לאבחן מאמצים מכניים חריגים ומתמשכים במערכת השריר שלד לצד תעוקות הנובעות מדרישות קוגניטיביות גבוהות, קרי: דרישה לחלוקת קשב, ריכוז, אחריות לכלי ולתפקיד, קבלת החלטות וכדומה, תוך כדי הנהיגה. אלה הם גורמי סיכון המשפיעים על יכולת קבלת החלטות של הנהג.

תכנון של תאי העבודה בכלים אלה מהווה אתגר קבוע למתכננים. על מנת להבטיח בטיחות בתפקוד נדרשות מחד סביבות תפקוד יעילות מאד, ומאידך יכולת שליטה תוך יכול לקבלת שדה ראייה מרבי.

מחקר של ד"ר איל בירן, אשר הושלם לאחרונה בטכניון, עסק בפיתוח של מתודולוגיה לתכנון תא נהג ברכב מרובה משימות ומשימות מורכבות. כידוע, תכנון כלי עבודה למטרות מרובות משימות, כגון אלו המוטלות על הנהגים בכלי רכב שטח (כדוגמת אלה שצוינו בתחילת המאמר), מהווה אתגר לכל

כי הידע הארגונומי הקיים לא היה מושלם וכי ניתוחי התכן הקיים בעזרת המתודולוגיה המוצגת סיפקו שיפורים רבים.

התוצאות שהתקבלו מחקירות פרמטריות לצד סימולציה של אירועים בעבודת הכלים שנבדקו, הראו כי ניתן לקבל שיפורים משמעותיים בתכן ההנדסי.

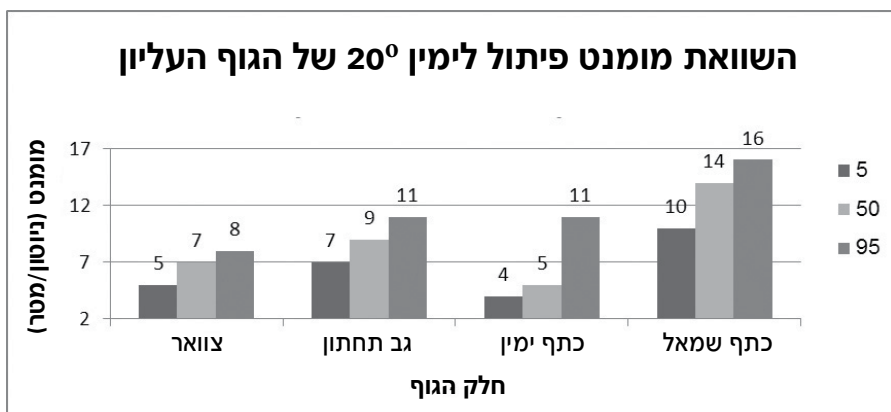
לדוגמה, שיפור התקבל בהגדלת שדה הראייה של נהג בכל אחד מהכלים, תוך הקטנת העומסים הפועלים על גופו. עבור הטרקטור מתקבל שיפור בהגדלת שדה-הראייה של 61.2% בממוצע, עם שיפור בולט של 67% עבור נהג באחוזון ה-5.

עבור הנגמ"ש נתקבל שיפור בהגדלת שדה הראייה של 89.6% בממוצע ועד 100% עבור נהג באחוזון ה-5. שיפורים מוצעים שכאלה גורמים להקטנת עומסים ביומכניים על גוף הנהג. שיפור עבור הטרקטור עד 100%, ועבור הנגמ"ש עד 89%.

אפשר להסביר את השפעת שדה הראייה על הקטנת העומסים בכך שכאשר יש שיפור בזוויות הראייה, מרחק ראייה ורצף תחומי ראייה - הגוף עושה פחות תנועות של 'תיקוני תנוחה' לשם השלמת השליטה על תנועת הכלי הנהוג. פחות תנועות תיקון הן למעשה פחות מאמצים מכניים משום שתנועות תיקון כאלה הן בתחומים בהם המאמצים חריגים - שם העומסים המכניים גדולים יחסית. ■



מבט מבחוץ ומבפנים על תא עבודה בטרקטור מודרני



איור 3 - בגרף העמודות מוצגים העומסים על פלג גוף עליון בתנוחת ישיבה בטרקטור במצב חריש (המושב נוטה ימינה) עבור 3 אחוזונים אנתרופומטריים (5, 50 ו-95).

(2) נושא גייסות צבאי המסווג כנגמ"ש מדגם 'נמר'.

שני אלה הם כלי עבודה מודרניים אשר תכונם המקורי הסתמך על ידע ארגונומי שהיה קיים אצל היצרנים. כבר בתחילת הניתוח התברר

נושא 2: חקירה אנתרופומטרית (אנתרופומטריה - המדע העוסק בממדי גוף האדם ביחס לסביבה) להתאמת חלל התא. נושא 3: חקירה ביומכנית להגדרת העומסים המכניים על גוף הנהג - כפי שזו נגזרת מתנוחות הישיבה ודרישות הפעלת הבקרים הדרושים להפעלת הכלי.

השימוש במודל הממוחשב המוצע במחקר זה הוביל להמלצות מעשיות שבמקרים הנדונים היו למעשה תכן עדיף.

לצורך בחינת היכולות הממוחשבות שמציע המחקר, נעשו ניסויים בתאי נהג בשני רכבי שטח מרובי מטלות, השונים באופיים ההנדסי ובאופן ההפעלה. הרכבים שנבדקו:

(1) טרקטור מסוג John Deere 8420 הנמצא בשירות חקלאים למשימות שטח קשות;



ארכיטקטורה של תא בנושא גייסות משוריין מטיפוס נמר

עומסים על פלג גוף עליון כתוצאה ממהלך בלימה בנגמ"ש נמר

95			50			5			
%	מצב משופר	מצב קיים	%	מצב משופר	מצב קיים	%	מצב משופר	מצב קיים	
73.9%	6	23	61.5%	5	13	72.7%	3	11	צוואר
44.1%	62	111	53.0%	38	81	38.8%	30	49	גב תחתון
66.1%	20	59	77.2%	13	57	82.1%	10	56	כתף ימין
65.5%	20	58	75.4%	14	57	82.1%	10	56	כתף שמאל