

הנדסת אנוש

דס"ן שאול

בתכנון מכונה או ציוד מודרני שוב אין להסתפק בידיעת ממדיו הפיזיים של גוף האדם. יש צורך בחישוב כוח השרירים וכוח ההתמד, ובמדידת זריזות חלקי הגוף. יש צורך להביע באורח כמותי את כושרם ויכולתם של החושים השונים, האינטליגנציה והתפיסה, וכן לתת ביטוי להרגלים ולנטייות הפיזיות והנפשיות של האדם.

זאת ועוד: תחילה, כאשר שוכללו הרכב, הנשק והציוד, לא נודעה חשיבות רבה לעובדה שרק 10 מתוך 100 חיילים לדוגמה, היו מסוגלים לתפעל את הציוד כהלכה תוך פרק-זמן סביר. אותם 10 מתוך 100 יכלו להיבחר במבחן פסיכוטכני או על-ידי אימונים של „ניסוי וטעייה“ (“Trial and Error”). אולם מה לעשות כאשר מקורות כוח-האדם מוגבלים או בעלי רמה ירודה, וכאשר מערכות הנשק הפכו מורכבות ומסובכות עד כדי כך שרבות מהן מתחרות על השגת אותם 10 מוכשרים מתוך 100? המתכננים אינם יכו-לים לשנות את האדם; אך יכולים הם לתכנן את המערכות כך שגם מפעיל פחות מוכשר יאה מסוגל להפעילן ביעילות. ברגע בו החלו המתכננים „לגזור“ את התכנון על-פי האדם — נולדה הנדסת-אנוש.

דרכים לשילוב אדם ומכונה

בתמונה מס' 1 מתוארות שלוש הדרכים לשילוב אדם ומכונה: שיטת „ניסוי וטעייה“, שיטת המבחן הפסיכולוגי ושיטת השימוש בהנדסת-אנוש. אין ספק ששיטת „ניסוי וטעייה“ פחותה ביעילותה

מבוא

הנדסת-אנוש, שהיא פרק חדש-ביחס במדעי ההנדסה, עניינה פתרון בעיות השילוב בין פעולות אדם ומכונה. שילוב זה מוצא ביטוי מעשי בתכנונו של ציוד, המותאם במיוחד ליכולתו ומגבלותיו של הגורם האנושי המפעיל אותו. אף כי מאז ומעולם ניסו אנשים לסגל את סביבתם וציודם לצורכיהם, קיבל הנושא תנופה רבה רק לאחר מלחמת-העולם השנייה וגרם לשידוד-מערכות כללי בטכ-נולוגיה בכלל ובטכנולוגיה הצבאית בפרט.

בעת פיתוחם וייצורם של ציוד ונשק פשוטים ביחס, נדרשו המתכ-ניים לפתור בעיקר בעיות טכנולוגיות. ברם, שכלולן של מערכות הנשק הפך את התאמת אמצעי הלחימה לצורך הפעלה מהירה ונוחה על-ידי החייל — לאחת הבעיות המרכזיות. הצלחתה של מערכת אדם-ומכונה בשימוש הצבאי מבוססת בעיקרה על גורמים אחדים המשולבים זה בזה, והקובעים את יעילותה מן הבחינה הצבאית. גורמים אלה, שמשמעותם תתברר בהמשך, הם:

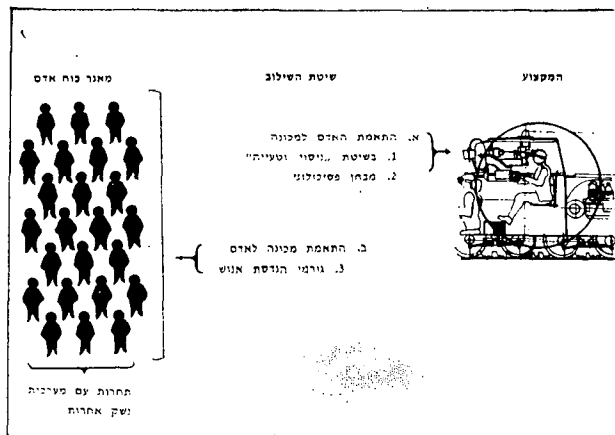
- פישוט ההפעלה. כאן חשובה מידת המיומנות אשר תידרש לכל תפקיד, משך האימון והאפשרות להתחלף בתפקידים.
- מהירות הביצוע, ובה אף מהירות התגובה על מצבים שונים.
- איכות הביצוע ואמינות המערכת.

עובדות אלו חייבו את המתכננים להעמיק ולחקור את גורם האדם ושילובו בהפעלת מכונה. לחקר גורם האדם ושילובו בהפ-עלת מכונה אמנם סייעו הנסיון האנושי והשכל הישר אך רק המחקר השיטתי הוא אשר תרם אותו ידע שאינו ניתן לצבירה בעזרת הנסיון.

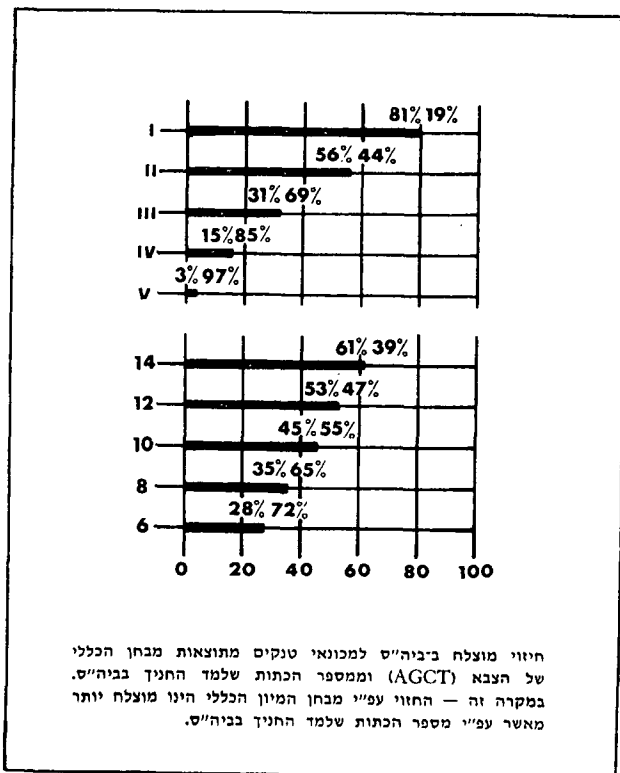
סיימו רק 8 כיתות-לימוד היה סיכוי קטן יותר, שהגיע לכדי 30%. כתוצאה מכך, שימשה התאמה זו בין מספר השנים שלמד המועמד לבין הצלחתו בקורס — כבסיס-מה לחיזוי התוצאות. יעילה יותר היא שיטת מבחן המיון הכללי של הצבא, הידועה בארה"ב בשם AGCT (Army General Classification Test) שהחיזוי על-פיו מפיץ תוצאות טובות בשיעור ניכר מאלה שנתקבלו על-פי אמת-המידה של מספר שנות הלימוד בבית-הספר. בחירת סגל אנשים באמצעות מבחנים היא בדרך כלל יעילה יותר, במיוחד כאשר יש לבחור מספר מועט יחסית של בעלי כישרים — מתוך מאגר גדול של כוח-אדם. ואכן, זוהי עדיין הדרך העיקרית לשילוב אדם ומכונה. אולם שיטה זו אינה שימושית כאשר מקור רות כוח-האדם העומדים לרשותנו קטנים ביחס, או כאשר מספר רב של מערכות-ינשק מורכבות מתחרות ביניהן על השגת אנשים בעלי יכולת גבוהה.

האפשרות השלישית — הנדסת-אנוש — היא תכנונו של הציוד כך שיהא ניתן להפעלה על-ידי מספר אנשים רב ככל האפשר. גישה זו מאפשרת גם הפעלת אנשים בעלי רמה נמוכה יותר — ומהווה גורם חשוב כאשר משאבי כוח-האדם מוגבלים. כדוגמה פשוטה להתאמת המכונה לאדם נתאר את מושב הנהג בנגמי"ש העומד לתכנון. מתכנן פזיז, השואף לשכלל את אפשרויות התצפית של הנהג על הדרך, עלול להתפתות ולתכנן את המושב כך שיתאים לגובה-העין של 81 ס"מ או יותר (שהיא המידה לגובה קומה) כשגובה המושב 53 ס"מ או פחות (שהיא המידה לקטני-קומה), וזאת — על-מנת שלא להגביה את צללית הרכב. אולם גובה-העין של 81 ס"מ או יותר קיים רק אצל 5% מן האוכלוסייה. דהיינו, מנקודת ראות של גובה-העין בלבד יוכלו רק 5% (!) מכוח-האדם שלנו להשתמש במושב זה. אם נגביל את גובה המושב ל-53 ס"מ, נאלץ לחפש אנשים גבוהי-קומה בעלי מבנה מוזר (שוקיים קצרות), או שיהיה על גבוהי-הקומה לשבת בתנוחה בלתי-נוחה, אשר תגרום לעייפות גוברת והולכת ולכשלון בהפעלת הטנק.

בעיות אלה ואחרות ניצבות ביתר חריפות בשעת תכנונו של תא-נהג בטנק, על אמצעי השליטה והבקרה המרובים שיש להפ"י יולם ביעילות, הן בנהיגה במדף סגור והן בנהיגה במדף פתוח. שוב אין זו בעיה הניתנת לפתרון תוך התחשבות במדמי הגוף בלבד. אם נזכור את סך-הכל הגורמים שיש להתחשב בהם במקרה זה (ראה לעיל), נמצא כי הבעיה עשויה להטריף דעתו של המתכנן (ראה תמונה מס' 5). ואם בטנק, כך, מה נאמר על הנדסת-אנוש בחללית „אפולו 11", שהנחיתה אדם על הירח? נחזור לדוגמת המושב: ניחא כי המתכנן עשוי להתפשר ולפסול לשימוש אנשים שקומתם נמוכה מ-166 ס"מ או גבוהה מ-190 ס"מ. החלטה זו תצמצם ב-10% את פוטנציאל האנשים המסוי-גלים להשתמש במושב. במקרה זה יתוכנן מושב הניתן להגבהה או להנמכה בתחום גובה-העין של 71 עד 81 ס"מ, תוך מתן אפ"י שרות לשליטה במחוונים ובאמצעי-הבקרה השונים. אך דבר זה יחייב, כמובן, מנגנון מורכב יותר. אך דא עקא, תכנון של ציוד חייב להתחשב גם באחזקה, וזו פירושה מכונאים ואנשי-אחזקה אחרים. על המתכנן לבחון עתה שוב את מקורות כוח-האדם תוך התחשבות בצורת אחזקתם של הרכב או הציוד. במקרה שלפנינו דורש מושב המתכוון מכונאים מומחים רבים יותר, מאשר מושב פשוט. ניצבים אנו, איפוא, בפני הסתירה שפשוט הרכב לגבי המפעיל — הופך אותו מורכב יותר לאיש האחזקה.



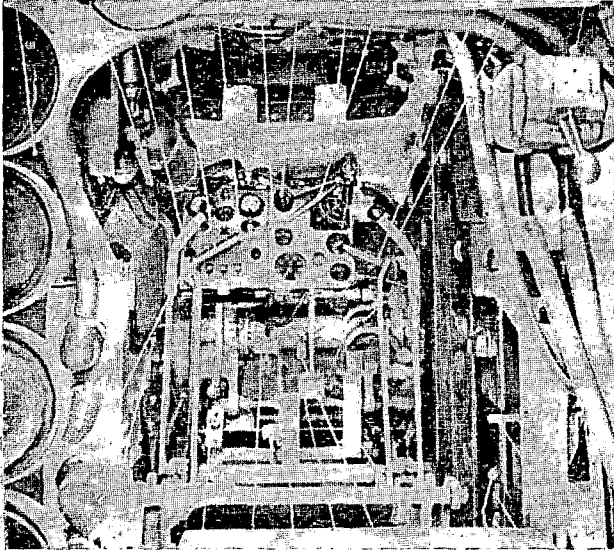
תמונה מס' 1 — דרכים לשילוב אדם ומכונה



תמונה מס' 2

מן האחרות, ויש בה משום בזבוז באימונים. לדוגמה, לקורס נשלחים חניכים כדי למלא את המכסה המספרית הנדרשת, בלי שיהיו להם הכישרים הדרושים לכך. השיטה השנייה היא המבחן הפסיכולוגי. בדוגמה להלן מתואר כיצד נעשה שימוש במבחנים אלו לבחירת מועמדים לקורס מכ"ר נאיטנקים:

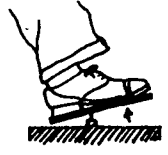
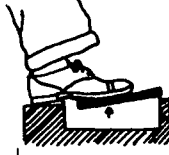

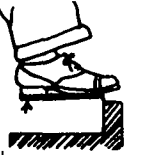

במהלך מלחמת-העולם השנייה נתקל הצבא האמריקני בבעיה הכללית של בחירת אנשים לאימוני התמחות, למשל, מכונאי-טנקים. ברי, איפוא, כי ביקשו לבחור במועמדים אשר להם מירב הסיכויים להצלחה באימונים אלו. כפי שנראה בתמונה מס' 2, היתה התאמה בין מספר הכיתות שסיים אדם בבית-הספר לבין מידת הצלחתו בקורס זה. לאלה אשר סיימו 14 כיתות-לימוד, היה סיכוי של 60% להגיע להישג שמעל לממוצע, ואילו לאלה אשר



תמונה מס' 3 — תא הנהג בטנק, אמק"ס 13"

כוח אש; ניידות; התגוננות; אמינות; תפעול (הנדסת-אנוש).
להלן נפרט רק את קבוצת-התכונות האחרונה העוסקת בתפעול:
בעתיד הנראה לעין לא יהיה חיל-ההשיון חיל מצומצם וסלק-
טיבי, ועל כן יש להתאים את הנדרש מן הצוות ליכולת הרוב
המכריע של האוכלוסיה המתגייסת. חשוב לזכור כי הציוד יופעל
על-ידי הגורם האנושי בתנאי מתח וסביבה קשים ומעייפים
שבעטיים יורד כושר הביצוע; במקרים אלה עלולים לקרות כש-
לונות או תקלות לא רק משום שהציוד לא עמד במשימות, אלא
משום שהמפעיל התמוטט והחל לשנות מחמת מתח ועייפות-
יתר. בעיקר נפגעים בתנאים אלה הדיוק ושיקול-הדעת, ועובדות
אלה יש להביא בחשבון כאשר מתכננים את מכשירי הבקרה
של הטנק ונשקו. ככל שפעולת מכשירים אלה תיעשה אוטו-
מטית יותר ותדרוש פחות חישובים ושיקולים מצד איש הצוות,
כן תקטן תלותה של יעילות הלחימה ברמה הכללית של הצוות
ובתנודותיה בתנאי הקרב. כאן חשוב לזכור, כי אמצעי הבקרה
החשובים ביותר אינם בהכרח אלה ששימושם הוא הרב ביותר,
ויש להתחשב בקריטיות של אמצעי הבקרה. יש לציין כי תח-
נוספים:

תמונה מס' 4 — מצבי דוושה ורגל

171	140	176	178	187	לחיצות בדקה
					
דוושה מס' 5 דורשת 9% יותר זמן לחיצה מאשר דוושה 1	דוושה מס' 4 דורשת 34% יותר זמן לחיצה מאשר דוושה 1	דוושה מס' 3 דורשת 6% יותר זמן לכל לחיצה מאשר דוושה 1	דוושה מס' 2 דורשת 5% יותר זמן לכל לחיצה מאשר דוושה 1	דוושה מס' 1 דורשת זמן מינימלי ללחיצה	

למרות שכל השיקולים הללו נהירים לנו, עדיין לא הצליח תכנון הציוד למצוא פתרונות שישיעו את המשאלות כולן.

חקר תנועה וזמן

בחיפוש פתרונות שונים לבעיות התפעול של מכונות וציוד אחר, משמשים במידה לא מבוטלת מחקרים של תנועה וזמן (Motion and Time Study). חקר תנועה וזמן הוא לימוד שיטתי של מערכות עבודה או פעולות אחרות לצורך המטרות הבאות:
א. פיתוח מערכת ושיטה המועדפות על פני האחרות.
ב. סטנדרטיזציה של המערכת והשיטה.
ג. קביעת הזמן הנדרש לביצוע משימה נתונה על-ידי אדם מיומן ובעל הכישרים הנדרשים ואשר עובד בקצב נורמלי.
ד. סיוע למפעיל ואימונו בשיטה המועדפת.

בתפעול טנק נודעת חשיבות רבה לחקר תנועה וזמן היכול לסייע במציאת פתרון אופטימלי למשימה נתונה, תוך עשיית תנועות מינימליות ובזמן קצר ככל האפשר. במלים אחרות, יש למצוא דרך מהירה, אשר תחסוך גם מאמץ מאנשי הצוות; ובעוד שבעבר הסתפקו, לעתים תכופות, בשיפור שיטות קיימות, הנה כיום מטרתנו למצוא את השיטה האידיאלית או זו הקרובה לה ביותר והישימה למעשה. מחקר זה קבע את הפתרון לרבות מתרגולות אנשי הצוות ואת שיטת הפעולה של הצוות בטנק.

תהליך המחקר, שהוא מדעי ושיטתי, כולל את השלבים הב-אים (אשר מן הנכון ליישם גם בפתרון בעיות רבות ושונות מסוגים אחרים):

- א. הגדרת הבעיה — ניסוחה והצבת המטרות הכלליות.
- ב. ניתוח הבעיה — איסוף העובדות, קביעת פרטיהן, ותיאור השיטה הנוכחית (אם זו קיימת) ומגבלותיה.
- ג. חיפוש פתרונות אפשריים תוך הפעלת דמיון יוצר.
- ד. קביעת הפתרון המועדף בהתאם לאמות-המידה שנקבעו, כגון מהירות גבוהה, איכות טובה או אחוז-נפל קטן, מחיר זול וכדומה.
- ה. המלצה לפעולה.

הטנק והנדסת-אנוש

מקובל לחלק את הגורמים הקובעים את הישגיו של טנק-מערכה לחמש קבוצות, המייצגות את כלל התכונות של הטנק והצוות במערכת-לחימה:

לתם של גורמי הנדסת-אנוש בטנק המודרני מושפעת גם מגורמים
 ● גודל מרחבי-המחיה של הצוות בתנאי-הלחימה הנקבע על-פי
 הצרכים הבאים:

- א. אפשרות תיקון מהיר של הטנק לאחר היפגעות.
- ב. אפשרות להחלפת עמדות-לחימה בתוך הטנק, לצורך מילוי תפקידו של איש-צוות שנפגע.
- ג. אפשרות נטישה מהירה תוך תפיסת מחסה, במקרה של דלי-קה בטנק וכדומה.

● בתנאי קרב עלול הטנק הבודד להינתק משאר היחידה או לפחות מיחידת התחזוקה שלו, ומשום כך יש לפשט את תהליכי התחזוקה השוטפת, ולהקל על החלפתם או תיקונם של חלקים הנוחים להיפגע. פשוט זה מחייב גישה נוחה למנוע ולאביזריו, ואפשרות תיקון קל ומהיר של מערכות שלמות או רכיבים של המנוע, מערכת הזחלים, הקפיצים והמרכוב.

דוגמאות לשילוב

הנדסת-אנוש בטנקים

תקצר היריעה מלתאר ולפרט את המחשבה הרבה שהושקעה בתכנונם, פיתוחם וייצורם של הטנקים המודרניים בתחום הנדסת-האנוש. מחקרים ללא ספור, תכנונים חוזרים ונשנים ובניית דגמים מלווה בניסויים מייגעים — כל אלה היו מנת חלקם של צוותי הפיתוח בעבודתם. תוצאותיה של עבודה זו אינן גלויות תמיד לעין „הצרכן“, מכל מקום, כל עוד אין הוא „מתאונן“ על הטנק או הנגמ"ש שמתוכו הוא לוחם, אות הוא כי הנדסת-האנוש הצליחה בעבודתה. הדוגמאות דלהלן עשויות להמחיש את הנושא:

● צבא יפן, אשר צויד בטנקים אמריקניים בראשית שנות ה-50, עם תחילת מלחמת קוריאה, החליט להוציא ממצבת רכב-הקרב המשוריין שלו כל טנק אמריקני אשר ישתחק באימונים ולהציב במקומו טנק מייצור מקומי. רצון זה נומק, בין היתר, גם בצורך להתאים את רכב-הקרב המשוריין לתנאים המיוחדים של יפן ותושביה, ובין היתר לממדי-גופו הקטנים של היפני הממוצע בהש-וואה לאלה של האמריקני הממוצע. הטנקים האמריקניים היו גדולים מדי ו„מרווחים“ מדי ליפנים, עד כדי מניעת השימוש היעיל בחלק מן הדוושות ואמצעי הבקרה.

● בטנק הבריטי החדש „צ'יפטיין“ נמצא הנהג בעת קרב בתנו-

חת שכיבה על מושבו המרומד תוך שהוא צופה בפריסקופ וזייתו. מבנה זה מביא להנמכת צללית הטנק. אך לא זו בלבד; האסטר-טגים, רובם ככולם, חוזים לחימה ממושכת במקרה של שואה גרעינית או מלחמה קונבנציונלית בקנה מידה גדול. ומבוא הדאגה לנוחות הצוות, העתידי להימצא בפעולה זמן ממושך. משום כך נבנה מושב הנהג בצורתו הנוכחית, המקטינה עד למינימום את קצב ההתעייפות, תוך שימת-לב קפדנית להפעלת אביזרי השליטה בכל צורות הנחיגה. לנוחות הנהג והקטנת המאמץ הפיזי חנדרש ממנו מסייעים גם ההילוכים האוטומטיים המופעלים בלחיצת כפתור, ואספקת אויר נקי לטנק דרך פיה מתכווננת, בדומה למגנון הפועל במטוס נוסעים.

● גם בטנק השוודי החדש מדגם „S“ נמצאים שניים מבין שלוש אנשי הצוות במצב קרוב לשכיבה. טנק זה, שהוא כידוע, חסר צריח, משופע במערכות אוטומטיות, כדי להקל ככל האפשר על פעולת הצוות: התותח נטען אוטומטית ומערכת-הנחיגה חיד-ראולית, מבוקרת בנקל ובדיוק רב ומשמשת גם אמצעי כינון לתותח על-ידי שינוי מצב הזחלים.

● גם בטנק הצרפתי החדש, „אמק"ס 30“, הותקן לנהג מושב המאפשר לו לישון בעת הצורך.

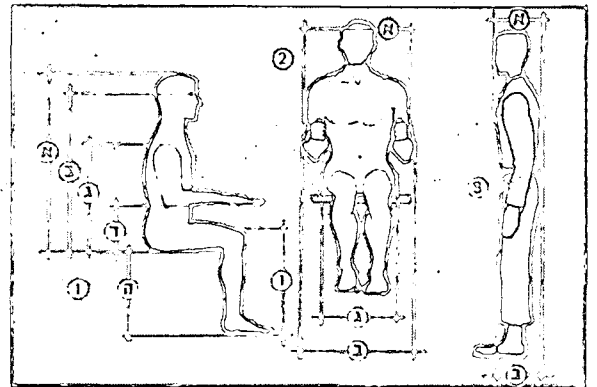
מה הניע את המתכנן המודרני לייחס שימת-לב רבה כלי-כך לנוחות הנהג? כמעט בכל הטנקים מונה צוות הטנק 4 חיילים: מפקד, תותחן, טען/קשר ונהג. אך בעוד 3 מתוך 4 אנשי הצוות ממונים על ייצור האש של הטנק — אחראי הנהג לבדו לתנועתו ולתמרונו, למעט הוראות כלליות הניתנות לו מדי פעם על-ידי המפקד. חלוקה בלתי-שווה זו של עומס העבודה בקרב, מחייבת מתן נוחות מיוחדת לנהג, כיון שלחימת הטנק מורכבת מתנועה ואש כאחד.

יתרה מזו, רק נהג היושב נינוח ורגוע, בלא חשש לפגיעה גור-פנית כלשהי אגב תנועת הטנק, יוכל להתמסר כל-כולו לנהיגה כך שהמפקד יוכל למעט בהכוונתו ולהתרכז במשימות הלחימה. בזאת יושג שיפור ניכר של המערכת, צוות וטנק (אדם ומכונה), שהיא השאיפה של הנדסת אנוש.

● בטנק האמריקני הישן „שרמן מ-4“ הושג שיא של פשטות, אמינות ואחזקה קלה. טנק זה שימש גם בצה"ל, והיה ידוע בכינויו כטנק „שרמן מ-3“, בעל תותח קצר-קנה 75 מ"מ. פשטות

חימדי הגוף, שימוש בתכנון של ציוד

אנשים קטנים	אנשים גדולים	אנשים קטנים	אנשים גדולים
166 ס"מ	185 ס"מ	190.5 ס"מ	מאוד
85 ס"מ	96.5 ס"מ	101.5 ס"מ	
71 ס"מ	80 ס"מ	81 ס"מ	
57.3 ס"מ	67 ס"מ	68.5 ס"מ	
19 ס"מ	27.5 ס"מ	27.5 ס"מ	
42.5 ס"מ	49 ס"מ	41 ס"מ	
53.5 ס"מ	62 ס"מ	63.5 ס"מ	
46.7 ק"ג	95 ס"מ	100.0 ק"ג	
42 ס"מ	51 ס"מ	66 ס"מ	
39 ס"מ	51.5 ס"מ	80 ס"מ	
33 ס"מ	42 ס"מ	58.5 ס"מ	
19 ס"מ	28 ס"מ	42 ס"מ	
20.5 ס"מ	33 ס"מ	46 ס"מ	



אנשים קטנים מייצגים את המאון ה-5 של האוכלוסייה, כלומר רק ל-5 אחוז של האוכלוסייה מידות כאלה או קטנות יותר. מידה גדולה מאד מייצג המאון ה-95, כלומר רק ל-5 אחוז הנותרים של האוכלוסייה יש מידות גדולות מן המצוינות.

וגורמי הנדסת אנוש שולבו במידה נרחבת בתכנונו ובבנייתו. מערכת בקרת הסביבה ומערכת קיום החיים מספקות לשלושת אנשי הצוות אפשרות לוויסות הטמפרטורה והלחות. אמצעי-נוחות אחרים מאפשרים אטימה בסביבה המזוהמת בגזי-מלחמה כימיים או בקרינה רדיו-אקטיבית או בקטריו-לוגית — לפרק זמן ממושך. מעניין לציין, כי מטעמי הגנה מצויים כל שלושת אנשי הצוות, לרבות הנהג, בתוך הצריח. איכות המערכות השונות בטנק זה ואמינותן גבוהות ביותר. גם החיסכון הנגרם בחלקי חילוף מצמצם מאוד את תקופות החשבתה של הטנק לצורכי אחזקה. אכן, הקטנת מספר אנשי הצוות מן המספר המקובל של 4 ל-3, מעוררת את השאלה האין בכך משום הגדלת העומס הפיזי, של הטיפולים והאחזקה, המוטל על הצוות, והאם אין השניוני מצריך צוותי אחזקה רבים יותר, עקב שכלול המערכות. אך נושאים אלה נשקלו בעת התכנון, ונמצא להם פתרון מתקבל על הדעת.

שימחילב על הנדסת-אנוש - בתכנון

תנאי ראשון לפתרון יעיל הוא התכנון הטוב; אך קודמת לתכנון הגדרת הבעיה. כאשר המדובר ברכיב-קרב משוריין חדש, ניתן לשלב את גורמי הנדסת-אנוש בתכנונו מלכתחילה; ואולי ברכיב-קרב משוריין קיים יש לשוב ולבדוק את התנאים של הצוות. לדוגמה: האם הושגה חלוקה יעילה בעומס עבודת התותחנות בין מפקדי הטנק לתותחן? האין חלים שינויים בעומס ובביצועים עקב התרגשות, פחד או מתח-קרב? האם חלוקת עומס האחזקה בין צוות הטנק לצוותי האחזקה עונה על הצרכים והאפשרויות? נעלה מכל ספק הוא, שבטכנולוגיה המתקדמת ומרקיעת השחקים של היום ניתן לשפר את מרבית הפתרונות של העבר. מה עלינו לעשות לפתרון הבעיות? הרי הצעות מספר:

- לשוב ולעניין באופן מעמיק בציוד ובתכונותיו. לעתים תכופות אנו זוקפים את כשלונו המפעיל לחובת הפיקוד והאימונים, אף כי יתכן שהגורם העיקרי לכך הוא הציוד, אשר נבצר מן "הצרכן" להפעילו ביעילות ולתחזקו.
- עלינו להפנות שימת-לב רבה לא רק לגורמי הנדסת-אנוש אלא אף למבחינים הפסיכולוגיים. יש לפתח את הציוד ולערוך את תכניות הפיתוח לא רק סביב תחבולות טכניות, כי אם לגבש תפיסות מלכתחילה לשילוב בין האדם למכונה. חשוב גם להבטיח כוח-אדם, בעל הכישרים הדרושים, שאם לא כן יהא צורך בתכנון מחודש לרמה נמוכה יותר של כוח-אדם.
- כן יש להתחשב בממדי גופו של האדם המפעיל את רכב-הקרב המשוריין ואת הציוד. לסיכום, יש להקדיש יתר שימת-לב לפשטות הציוד והתאמתו לכוח-האדם הממוצע, ובכך לסייע לצמצום אותם כשלונות בציוד הנובעים ממגבלות המפעיל. תפקיד זה אינו מסתיים במשרדי התכנון והייצור. אחריות רבה למחשבה בתחום הנדסת אנוש מוטלת ישירות על קציני השריון, אשר צריכים לגלות בה יתר התעניינות.

Armor, 11-12/67: (4)
 MBT - 70 by Lieutenant Colonel Joseph A. Deangelis.
 Armor, 7-8/68: (5)
 The development of modern Japanese armor, by General Tomio Hara.
 מערכות חמוש, יולי 64: הנדסת אנוש / יעקב רו, אהרן קריצלר. (6)
 מערכות חמוש, אוקטובר 64: המושב בכלי רכב והתאמתו לאדם / בנימין פיין. (7)

חץ מסתובב יעל סקלה קבועה, עדיף על חץ קבוע וסקלה מסתובבת. הדגם של חץ קבוע מתאים יותר למקרים של קביעת נקודת התחלה.

החץ וחלוקת הסקלה צריכים להיות בנויים כך, שהחץ בתנועתו או בהעצרו יהיה קרוב למספר אך לא יטסה אותו.

מקומות שאינם בשימוש רצוי שישארו ריקים וזלא מספרי אפס.

פתח-הקריאה של המחנן צריך לכלול תחום משני צידי הקריאה כדי להראות את כיוון ההוראה.

- זו הקלה על חיל-השריון האמריקני להכשיר אנשים לצוותיו. בניגוד לחיל-האוויר האמריקני באותה תקופה, ולא בכדי זוכרים הן ותיקי השריון האמריקני והן עמיתיהם בצה"ל טנק זה בגעועים.
- זנגמה הוכח לתפיסה זו. הם הטנקים הרוסים "טי-34" ו"טי-54" שכמותם נלקחו שלל על-ידי צה"ל במלחמת ששת הימים. אנשי צוותיהם אינם נהנים מנוחות יתירה בטנק הקטן ובעל הצללית הנמוכה: על אף פנימיותו הדחוסה למדי, ישנו פעולות שונות המחייבות לצורך ביצוען, כי אנשי הצוות יהיו גברתנים. מן הראוי לציין כי משקל מנו התותח בהם — הנטען ידנית — מגיע לכ-30 ק"ג, בהשוואה ל-20 ק"ג בטנקים מערביים. מעניינת גם העובדה כי על הטען, היושב בצדו הימני של הצריח, לטעון את התחמושת-הכבדה בידו השמאלית.
- ב"מבט-70", שהוא אחד מן המודרניים שבטנקי העולם כיום, (אף כי גורלו המבצע עדיין אינו ידוע) לא הוזנחה נוחות הצוות,

Armor, 3-4/67: (1)
 Man and Machine by Major Howard C. Walters.
 Aberdeen Proving Ground, AD - 601716, May 64. P.225: (2)
 Human factor engineering design for vehicle fighting compartment.
 Motion and time study - design and measurement of work by Ralph M. Barmes, M.E., Ph.D. fifth edition. (3)