



## מחשבות על תכנון טנקים בעתיד

ר' מ' אוגורקייביץ

אם נראה בהם אמצעי המספק לנשק הכבד ניידות, או במלים אחרות — מרכבים ניידים לנשק-קרקע. כאלה יהיו הטנקים כל עוד יפעלו כוחות-יבשה בצבאות. ברורה פחות היא הצורה שילבשו בעתיד.

### צורת הטנקים בעתיד

מושג-מה בעניין הצורה שילבשו הטנקים בעתיד נותן ה"מב"ט-70", טנק-המערכה העיקרי שמפתחות ארה"ב וגרמניה לשינוי ה-70. ואולם, טנק זה מייצג רק פתרון אחד מרבים

בשנים האחרונות גדל מספרן של המדינות המייצרות טנקים. זה לא מכבר עסקו בכך מדינות מעטות בלבד, ואילו כיום גדל המספר לכדי 13 מדינות, ואלה יצרו דור חדש של טנקי-מערכה. פעילות זו אינה מותירה ספק באשר לחשיבות שממשיכים צבאות העולם לייחס לטנקים. ניתן להניח, כי הטנקים הנמצאים כיום בייצור, ייוצרו וישמשו לשנים רבות לאחר מכן; אך מה יבוא אחריהם? אין ספק כי יהא צורך בדור נוסף של טנקי-מערכה,

שני אלה הגדילו מאוד את יכולת הטנקים להבקיע שריון, ועדיין לא נאמרה המלה האחרונה בתחום זה.

## יעילות המטען החלול

השיפורים האחרונים בתחום חדירת השריון הושגו, רובם ככולם, בפגזים חודרי-שריון-מנעל חלול.

מבין שניים אלה חודר המטען החלול שריון עבה יותר, אך עליונות יחסית זו בכושר החדירה נובעת מהיותו בעל מטען צורת<sup>1</sup> אשר מסוגל לחדור שריון מבלי להסב נזק רב, דבר זה הוכח לראשונה במלחמת-העולם השנייה, ולאחרונה — במלחמת ויאט-נאם.

כדי להסב נזק לאחר החדירה, על המטען החלול לחדור שריון עבה במידה ניכרת מן השריון שנגדו הוא מופעל — על-מנת שתיוותר לו עוצמה מספקת לגרימת הרס פנימי לאחר החדירה. כלומר — עובי השריון שאותו יוכלו פגזי המטען החלול או הטילים לחדור תוך גרימת הרס קטלני — בטנק פנימה — חייב להיות קטן מן העובי המקסימלי שאותו יוכלו לחדור בלא גרימת נזק.

מכל האמור לעיל מסתבר, כי ניתן להקטין את יעילות המטען החלול, וזאת — על-ידי הרכבת רשתות, ארגוני-פח או מעטה פלסטי קל וחזק על דפנות השריון מבחוץ, כך שהמטען החלול יופעל הרחק מן השריון, ועוצמת סילון הגזים בהגיעו אל השריון העיקרי תהא חלשה יותר. לפיכך ברור, כי יש להתקין אמצעים אלה בריחוק ניכר מן השריון העיקרי.

## תותחים לעומת טילים מונחים

ההשוואה בין הפגזים חודרי-שריון-מנעל לפגזים בעלי המטען החלול מחייבת דיון בתכונות הנשק המפעיל אותם. מבנה פגז המטען החלול הינו מסובך, דבר הנכון במיוחד ביחס לטילים המונחים, אשר הינם המוצלחים ביותר לירי במטען חלול אך אמינותם קטנה לעומת התותח, המצטיין בפשטות ובמבנה חזק.

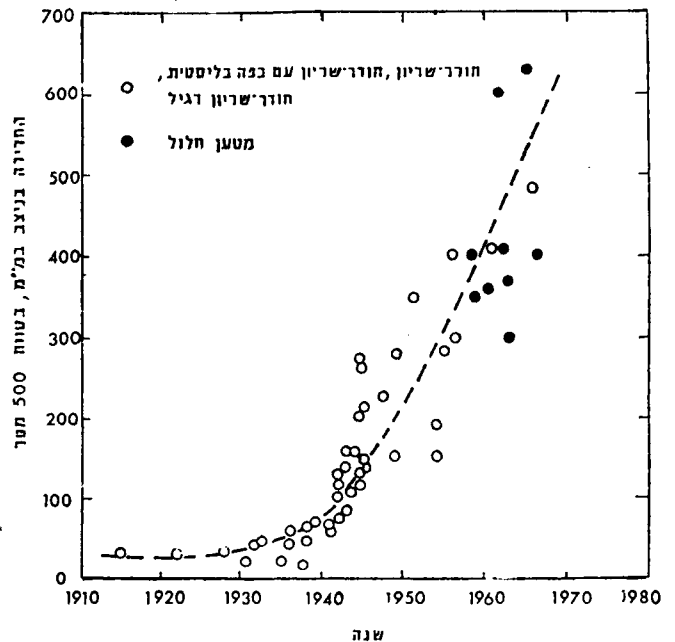
עם זאת, אין לשכוח כי סיכויי הפגיעה של התותח פוחתים באורח ניכר עם גידול הטווח, מה שאין כן בטיל המונחה. לטווחים ארוכים, משום כך, יעיל יותר השימוש בטיל בעל ראש-נפץ של מטען חלול, מאשר בפגז חודר-שריון-מנעל הנורה מתותח; והיפוך הדברים לטווחים קצרים. קשה לקבוע במדויק את הגבול בין טווחים ארוכים לקצרים, אך האומדן נים קובעים אותו בטווח שבין 2,000 ל-3,000 מטרים.

ואולם, הגורם הקובע למעשה אינו הטווח המדויק שבו נעשה הטיל המונחה יעיל יותר מן התותח או להיפך, אלא היחס שבין טווח זה למרחק שבו יכולים הטנקים היריבים להבחין זה בזה.

ברור כי כאשר גדול הטווח היעיל של הטיל המונחה במידה ניכרת מן המרחק שבו ניתן לגלות את טנק האויב — יהא התותח יעיל יותר; כך נראים פני הדברים כיום, ועל כן מעדיפים הגרמנים, למשל, להרכיב בטנק החדש „מב"ט 70",

אפשריים, ואין ללמוד ממנו בדבר הצורה שילבשו, או ראוי שילבשו, מרבית טנקי העתיד, ולפיכך מוטב שלא להסתמך על פתרון בודד זה, כי אם לשקול את המגמות הכלליות בתחום פיתוח הטנקים.

הטנקים הם כלי-נשק המיועד להשמיד מטרות בשדה-הקרב, שהקשות בהן — טנקי האויב; לפיכך מבחן-היעילות החשוב ביותר שלהם הוא כושרם להשמיד טנקי-אויב אלה. תכונה זו — עיקרה ביכולת הנשק לחדור שריון, ולכן רצוי לפתוח כל ניסיון לזיהוי מגמות בתכנון טנקים — בהגברת כושר-החדירה של הנשק.



ציור מס' 1: גידול כושר חדירת שריון של תותחי הטנקים במרוץ צת השנים כפי שהיא מיוצגת על-ידי חדירה ניצבת בטווח 500 מטר

העקומה שבציור מס' 1 מראה את הגברת כושר-החדירה של תותחי טנקים במשך השנים. החדירות בטבלה מחושבות לפי זיית-פגיעה בניצב לשריון בטווח 500 מטרים, שהוא — בקירוב — הטווח הממוצע בו התנהלו קרבות שריון בשריון בימי מלחמת-העולם השנייה. מאז גדלו טווחי הקרב — אך יעילותם של הפגזים מסוג חודר-שריון-מנעל, שהם פגזים בעלי מהירות לוע גדולה טיפוסיים, פוחתת אך במעט ככל שגדל הטווח; ואילו כושר החדירה של פגזי מטען-חלול אינו מושפע כלל ועיקר על-ידי הטווח. משום כך עשויה החדירה בטווח של 500 מטרים (דהיינו הטווח שעליו מבוססת העקומה בציור מס' 1), לשמש כבסיס סביר להשוואת כושר חדירת השריון של תותחי טנקים שונים במשך 50 השנים האחרונות. מבדיקת התוצאות שבציור מס' 1 עולה, כי כושר חדירת השריון של פגזי טנקים עלה באורח תלול בשלושים השנים האחרונות, וזאת — בהשפעתן של שתי התפתחויות:

- \* גידול כושר החדירה בשיעור רב במידה ניכרת משיעור הגידול בקוטר התותח.
- \* יעילות משופרת של כלי-הנשק חודרי-השריון ביחס לגודלם.

<sup>1</sup> פגז המטען החלול ממולא חומר-נפץ היצוק בצורה מסויימת, ומכאן שמו — מטען צורתי, (Shaped Charge).

הגדולה שלהם אינה ניתנת לניצול יעיל. משום כך אין הגדלת המהירות מעל 1,500 מ/ש מביאה להגדלה המצופה בכושר-החדירה בתותחים בכל הגדלים. יתכן, אמנם, כי יוסיפו לפתח מהירות-לוע גדולה, כיוון שכך נעשה מסלול-התעופה של הקלע שטוח יותר וגדלים סיכויי פגיעתו, אך מעדיפים להשתמש בשיטות אחרות להגדלת סיכויי הפגיעה, ובעיקר באמצעים משוכללים יותר לבקרת-אש, במדי-טווח „לייור” ובמחשבים בליסטיים. התקנים כאלה יועילו לא רק לדיוק הפגיעה של תחמושת חודרת-שריון-מנעל, אלא גם לתחמושת אחרת, בעלת מהירות-לוע קטנה יותר; על-ידי כך יוכלו תותחים היורים מטען חלול לשמש אלטרנטיבה עדיפה מאשר כיום.

### הגנה על-ידי השריון

גידול כושר-החדירה של תותחי טנקים הנראה בעקומה שבציור מס' 1 הוא חלק בלתי-נפרד מן הגידול בהגנת השריון של הטנק, שאותו אפשר לאפיין על-ידי שרטוט עוביו האופקי של הלוח החזיתי העליון של התובה בטנקים שונים, בהתאם לשנת הכנסתם לשירות. לוח זה נבחר להדגמה בשל היות עוביו קבוע, בדרך כלל, יותר מעוביה של חזית הצרית, וקל לקבוע. התוצאה נראית בציור מס' 2. מהשוואת שתי העקומות (בציורים מס' 1 ו-2) עולה תופעה מעניינת: בעוד שכושר החדירות עלה באורח תלול, לא גדל עובי השריון באורח ניכר מאז 1945, והתוצאה נראית לעין: עובי השריון אינו עמיד נגד כושר החדירה של נשק הטנקים.

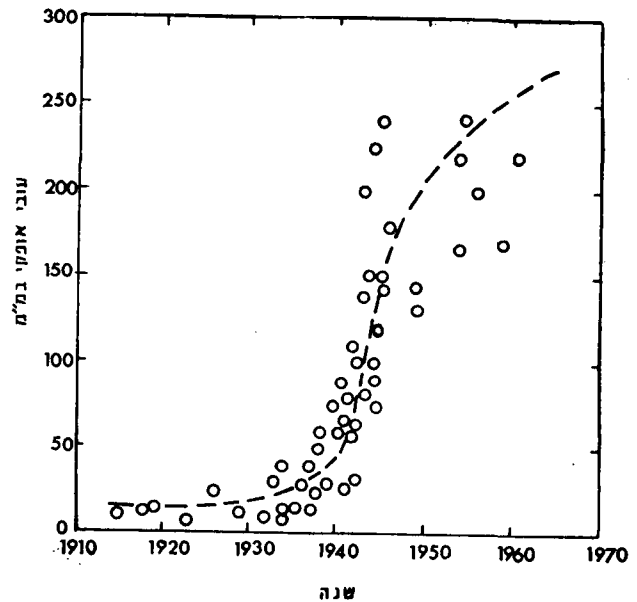
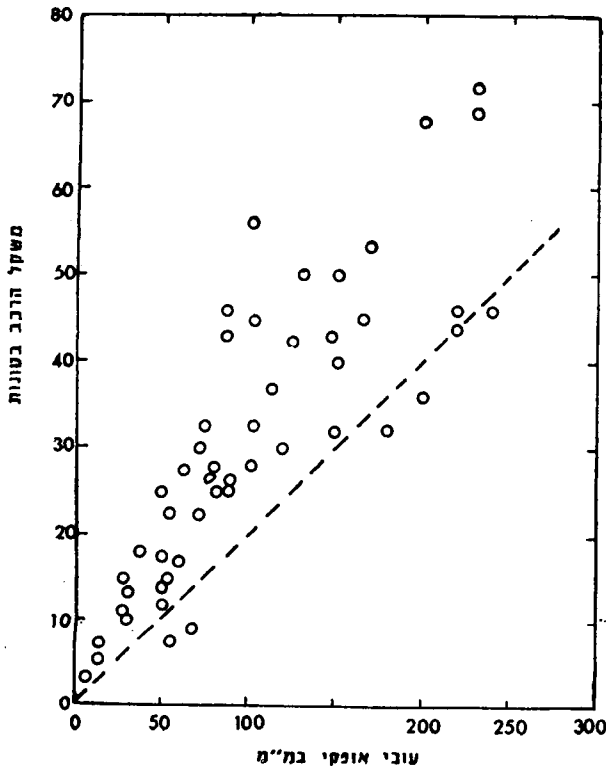
ואולם, כל ניסיון להגדיל את עובי השריון גורם להגדלת משקלו של הטנק כולו. בציור מס' 3 נראה היחס בין עובי

תותח בן 120 מ"מ, לירית פגזים חודרי-שריון-מנעל. בבריטניה הגיעו למסקנה זו עוד קודם לכן, וראיה לכך — תותחו בן 120 המ"מ של ה„צ'יפטיין”. אך למסקנתם של הגרמנים נודעת משמעות רבה יותר, שכן היא נקבעה במועד מאוחר יותר, והושגה בתנאי תחרות עם התותח הדרת-כליתי בן 152 המ"מ, המסוגל לשגר טילים מונחים מסוג „שיללה”, והמועדף על-ידי האמריקנים להרכבה ב„מב"ט-70”.

השקפת הצרפתים, לעומת זאת, מזדהה עם הדעה האמריקנית — והם מעדיפים טילים מונחים. לאחר שהסתפקו בפגזי מטען חלול לתותח בן 105 המ"מ של הטנק „אמקס” 30, מפתחים הם עתה, לחימוש טנקי העתיד, טילים מונחים, מסוג „ACRA”: טיל נ"ט על-קולי, ובעל הנחיה אוטומטית (ראה גם ב„חידושי שריון”).

מהירות גדולה יותר והנחיה משופרת יאפיינו, ללא ספק, גם טילים אחרים בעתיד. כמו-כן יהיו טילים אלה בעלי מטענים חלולים יעילים יותר. שיפורים באופן הייצור הם מ"ד עד 5 פעמים מקוטר הראש ויותר.

גם את יעילותו של התותח לירית פגזים חודרי-שריון-מנעל ניתן לשפר, בעיקר על-ידי הגדלת מהירות-הלוע, גם מעל 1,400—1,600 מ/ש, שהוא השיא הנוכחי. כבר לפני 30 שנה הוכיחו חוקרים גרמנים, בניסויים שערכו ברובי „מאור”, כי ניתן להשיג מהירות-לוע המגיעת עד 3,000 מ/ש, בקליעים המשוגרים באמצעות אבק-שריפה. בקנדה הושגה מהירות זו גם בתותח בן 76 מ"מ. נכון, אמנם, כי מהירות-לוע שמעל 3,000 מ/ש הושגה רק בקליעים קלים, אך למהירות לוע של 2,000 עד 2,300 מ/ש ניתן להגיע בוודאות גם בקלעי טנקים. אולם מתברר, כי עם פגוע הקלעים בשריון במהירות גדולה מאוד, משתנית צורת חדירתם — והאנרגיה הקינטית



ציור מס' 2: המגמה בהגנת שריון של טנקים כפי שהיא מיוצגת על ידי העובי האופקי של לוח חזית התובה

ציור מס' 3: גרף המראה את הגידול במשקל הרכב ביחס לעובי האופקי של לוח חזית התובה

בליטרה לאינץ' מרובע, ואילו האות W — את המשקל בטונות<sup>2</sup>. בחישובים לפי משוואה זו יהא לחץ-הקרקע המינימלי מלי בטנק שמשקלו 48 טונות — בן 0.77 ק"ג/סמ"מ<sup>2</sup>; אך טנק בן 16 טונות יוכל להיות בעל לחץ-קרקע נמוך בן פחות מ-0.5 ק"ג/סמ"מ<sup>2</sup>. מן האמור עולה, כי מתוך גידול לחץ הקרקע עם הגדלת משקל הטנק, עלול טנק כבד מדי להיתקל בקשיים תוך-כדי תנועתו בשטח. הניסיון מראה, כי טנק קל ביחס, ומתוכנן היטב בעל לחץ-קרקע של 0.7 ק"ג/סמ"מ<sup>2</sup>, יבצע את תפקידיו כמעט בכל שטח באורח מניח את הדעת. רכב-קרב כבד, בעל לחץ קרקע של 0.9 ק"ג/סמ"מ<sup>2</sup> (שהוא לחץ-הקרקע של אחדים מן הטנקים הכבדים כיום) עלול, לעומת זאת, להיתקע בשטחים חקלאיים. משום כך, לרגל הצורך בלחץ-קרקע נמוך וכדי לשמור על רמת-ניידות מתאימה, יש להקטין גם את משקל הטנק — ומכאן שוב הוכחה לכך, שאין כל אפשרות לצייד טנק בשריון חזק עד כדי כך, שיגן עליו מפני נשק האויב ולוא במקום הפגיע ביותר — בחזית.

אין זאת אומרת כי הטנק איבד את זכות קיומו, כפי שסבורים, כנראה, כותבים אחדים. המסקנה המתבקשת היא, כי השימוש בטנקים חייב להתבסס עתה על תנועה — יותר מאשר על התכונות הסבילות שבהגנת השריון. ההגבלות הנכפות על-ידי הצורך בשמירה על משקל הטנק מלמדות את מתכנני הטנקים, כי עליהם לוותר על הרעיון, להפוך את הטנק לחסין מפני פגיעות, על-ידי הגדלת שריונו. דבר זה אינו בגדר האפשר כלל, שכן על-ידי כך תיפגם ניידותו של הטנק בשדה-הקרב, הוא יכבד מאוד, וכושרו להופיע במקום ובזמן הנדרשים — ייפגע.

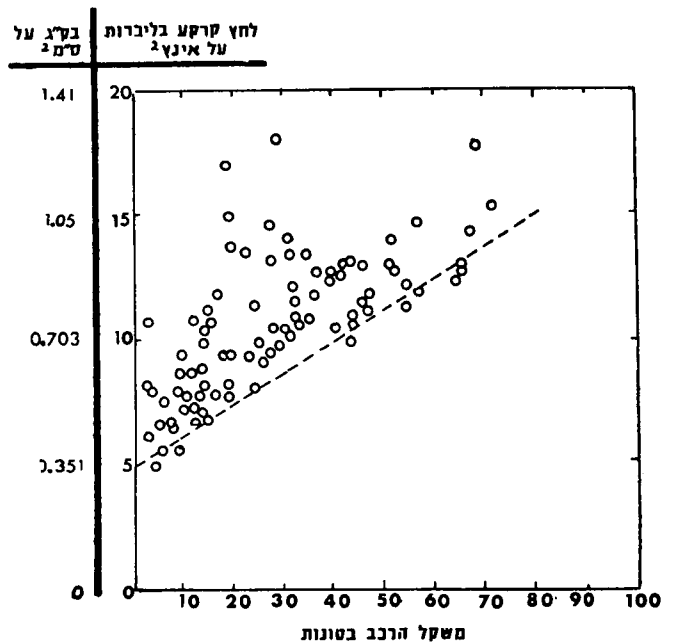
### הישרדות הטנק וצלליתו

את סיכויי ההישרדות של טנק בשדה-הקרב ניתן להגדיל, בלא תלות בהעלאת משקלו או בהגדלת עובי שריונו, על-ידי הקטנת הצללית, באורח קבוע או זמני.

דוגמה טובה לפתרון הראשון מוצאים אנו בטנק השוודי חסר הצריח מדגם "S". הנמכת הטנק הביאה ליתרונות, שרבים לא הבינום נכונה.

היה, למשל, שטענו כי לגובה הטנק אין חשיבות רבה. שכן טנקים פועלים בדרך-כלל מעמדות אש, בחשפם את הצריח בלבד. מחברים אלה התעלמו מן העובדה, שלא תמיד מצויות עמדות-אש נוחות בשטח וכן שכחו כי טנק עוזב לפעמים את העמדה כדי להתקדם לקראת האויב. במצב כזה, למשל, נודע לטנק חסר-הצריח יתרון בולט: אפשרות היפגעותו על-ידי תותח של טנק רגיל בטווח 1,000 מטרים קטנה ב-30% מאפשרות הפגיעה בטובים שבטנקים בעלי הצריח.

דוגמה לפתרון אחר, דהיינו — הנמכת הצללית באורח זמני, מוצאים אנו ב"מב"ט 70", בעל המתלה ההידרופוני-אומטי, המאפשר הנמכה בתחום ניכר. טנק זה מסוגל להימצא בעמדה מבלי שייראה דבר, זולת הפריסקופ שלו; הטנק עצמו מוגבה רק לצורך הירי. תכונה זו מועילה במיוחד



ציור מס' 4: מתאר את לחץ הקרקע של הטנקים ביחידות של ליברות לאינץ' מרובע (קנה המידה האנכי) לעומת משקל הרכב. הקו המרוסק מתייחס לתכנון הטוב ביותר

השריון בחזית התובה למשקל הכללי של הטנקים ב-25 השנים האחרונות. היחס הטוב ביותר מסומן בקו המרוסק, המתיחס למשוואה  $T=5 \times W$ , בה מסמנת האות T את עובי האופקי של לוח-החזית העליון של התובה (במילימטר-רים), ואילו האות W — את משקל הטנק (בטונות).

מכאן עולה, כי משקלו של טנק עם-עובי אופקי של 100 מ"מ (בלוח-החזית הנ"ל), חייב להיות 20 טונות לפחות; משקלו של טנק בעל עובי אופקי (בלוח-החזית) של 200 מ"מ — 40 טונות וכן הלאה.

### משקל ולחץ קרקע

אחר קביעת היחס בין עובי השריון למשקל הטנק, יש לבדוק את השפעת משקלו של הטנק על לחץ הקרקע, המשפיע השפעה רבה על ניידותו.

בדרך כלל גדל לחץ הקרקע בגדול המשקל, שכן אין אפשרות להגדיל את מידות הזחלים ביחס ישר למשקל הטנק. לכן אין למנוע את העובדה, כי טנק כבד ייצור לחץ-קרקע גדול מאשר טנק קל, עובדה בה לא הודו גם מומחים שעסקו בנושא.

ההבדלים בין תכנון טוב לתכנון גרוע נראים בפיזור האנכי של הנקודות שבציור מס' 4, המראה את היחס בין לחץ-הקרקע של טנקים שונים בשלושים השנים האחרונות — למשקלם — ותכנון טוב מספק, כמובן, לחץ נמוך ביחס למשקל הכללי. הנקודות המציינות את הדגמים עולות ככל שעולה המשקל, והקו המרוסק המחבר ביניהן מתאים

$$\text{לנוסחה } P=5+\frac{W}{8}, \text{ שבה מסמנת האות } P \text{ את לחץ-הקרקע}$$

<sup>2</sup> לחץ של 1 ק"ג/סמ"מ<sup>2</sup> הוא 14.2 ליטראות לאינץ' מרובע, אך עוגל ל-14 — החסר.

מוגבלת. מתברר, איפוא, כי הגדלת המהירות בלבד לא תקטין במידה רבה את סיכויי הפגיעה בטנק, שכן בשעה שנשק האויב כבר מכוון אליו — לא תגן עליו מהירותו. חשוב מזה הוא כושר התאוצה, שיושג על-ידי שיפור היחס בין ההספק למשקל. דבר שיאפשר דילוגים מהירים בין מחסה למחסה, ויקצר את משך החשיפה לתצפית, כינון ויריה מצד האויב.

היתרונות הגדולים הנובעים מהגדלת מהירותם של הטנקים לא יושגו באופן אוטומטי, אלא תלויים במידה רבה בטקטיקה שתינקט על-ידי יחידות הטנקים. יש להימנע במיוחד מהתקדמות חזיתיות אטיות, שנערכו בעבר לעתים קרובות מדי, שכן אלה עלולות לבטל כמעט את כל היתרונות שעשוי הטנק להשיג לרגל הגדלת מהירותו. יעילות הטנקים בעתיד תלויה בדרכי השימוש בהם — באותה מידה בה תלויה היא בתכנונם.

בשעת הגנה, ומגדילה את סיכויי ההצלחה נגד טנקים תוקפים. אפשרות נוספת של הישרדות בשדה-הקרב היא התקנת מנועים בעלי הספק גבוה ביחס למשקל, אשר בעזרתם מושגת מהירות גדולה יותר בשדה. ה"ליאופרד" הגרמני וה"אמק"ס 30" הצרפתי עולים מבחינה זאת על יתר הטנקים, והגיעו ליחס של 20 כוחות-סוס לכל טונה של משקלם. ל"מב"ט-70" יהיה הספק של 30 כוחות-סוס לטונה; יחס גדול בין ההספק למשקל הושג על-ידי פיתוח מנוע בעל יחס-דחיסה משתנה, המפתח הספק גדול מאוד ביחס לגודלו. ברם, שיפור זה גורם למורכבות יתרה של המנוע, ודווקא בבוכנות. אין להניח כי השיפור אשר הושג עם הגדלת ההספק-המנוע יאפשר לטנקים לנוע במהירות גדולה יותר במשך זמן רב בשטח ללא דרך. למרות כל הטענות בזכות המתלה ההידרו-פניאומטי, יצטמר צם כושר נסיעתם של טנקים בעטיו, עקב שחיקת החלקים הנעים, ומאחר שסבילות הצוות לסלטול הנסיעה אינה בלתי

## במערכת התקבל המכתב שלהלן ותשומת לב הקוראים מופנית לפסקה האחרונה.

מערכת מערכות  
צה"ל

א.נ.

התנועה הציונית בקנדה הטילה עלי את התפקיד של תכנון והכנת תכנית לימודים לבתי ספר, אשר במרכזה תעמוד מדינת ישראל וכלל ישראל.

אני מאד מעוניין בחומר שיעזור לנו בשטחים הבאים:

א. מקומות הנזכרים בתנ"ך — אינפורמציה על אותם המקומות כפי שהם קיימים היום.

ב. אוצרות טבע שנתגלו כתוצאה מהאינפורמציה בתנ"ך.

ג. קשר — במידה שהוא קיים — בין אסטרטגיה וקרבות של צה"ל, לבין מלחמות הנזכרות בתנ"ך.

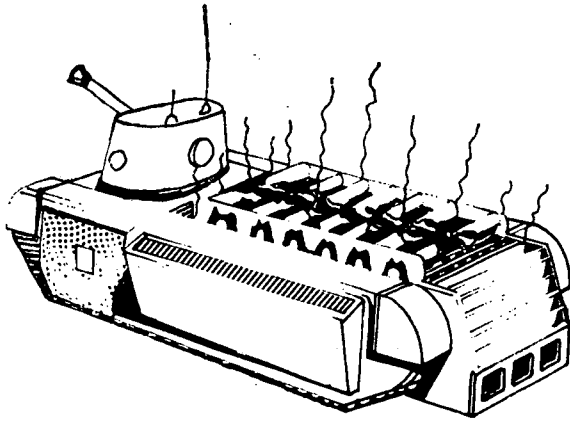
ד. חוקי התורה כפי שהם משתקפים בחוקי מדינת ישראל.

בטוחני שבין קוראיכם יש רבים שהיה להם נסיון אישי בשאלות הנ"ל. אודה מאוד לכבודו אם יואיל לפרסם את מכתבי, בתקוה שכל מי שיש לו חומר מתאים יתקשר אתי לפי הכתובת:

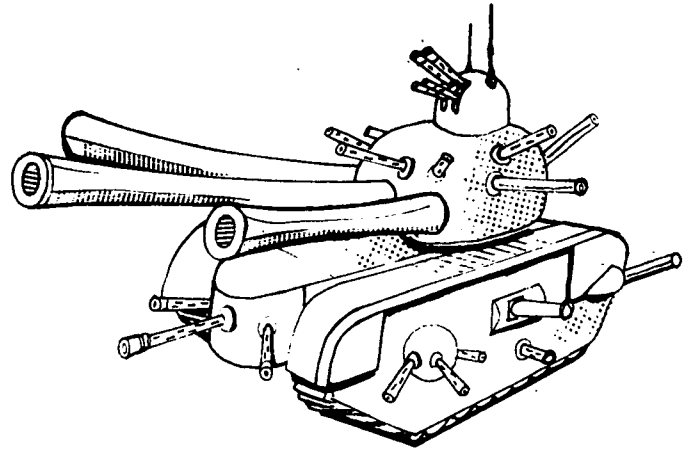
Dr. Eli Grad,  
Director of Education,  
Beth Tzedec Congregation  
1700 Bathurst Street  
Toronto 10, Ontario, Canada.

בתודה מראש, ובכבוד רב,  
אליהו גראד

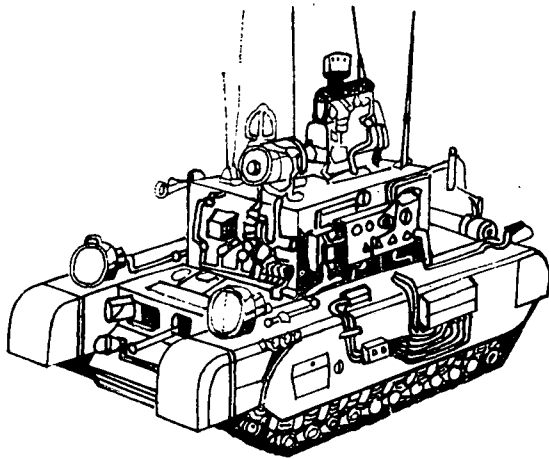
# חזות הטנק בעיני המומחים



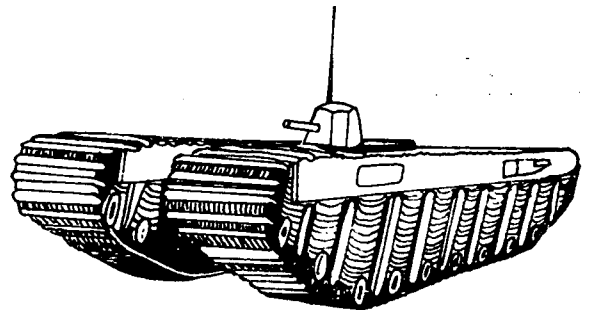
מומחה המנוע



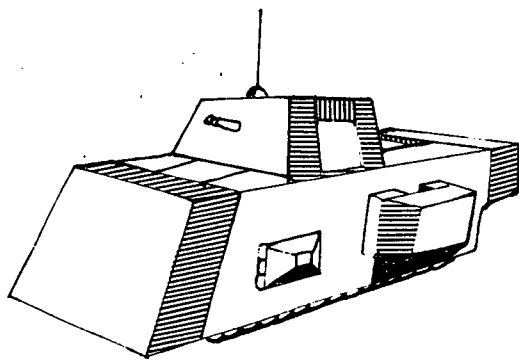
מומחה החימוש



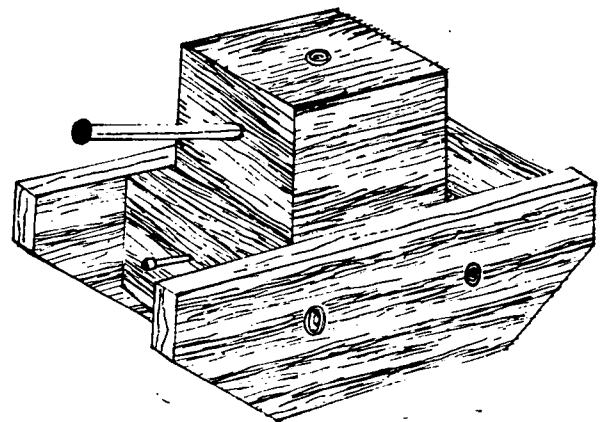
מומחה האלקטרוניקה



מומחה ההנעה



מומחה השריון



מומחה הייצור

ובכן נסה לפשר בין כולם...