

לבעיות תכנון כלי הנשק

א

לידי כיוון חד-צדדי מסוים. דוגמה לכך יכולה לשמש התפתחות התותחים. הדרישה העיקרית היתה הגדלת אפקטיביות הפגיעה. ההתפתחות בכיוון זה הביאה לידי יצירת תותחים כבדים ביותר. הדרישה העיקרית הושגה, אולם הצרכה ויתורים מרחיקי לכת לגבי שאר הדרישות מכילי אידיאלי. על קלות הכלי לא דובר כבר בכלל. להפך — כאשר יכבד התותח כן ייטב. אף כושר הניידות שלו סבל במידה מרובה. עם הגדלת הטנח נוקקו למכשירי עזר מדויקים ומורכבים לכיוון ואיזון (בתותחי אניות-מלחמה). התפעול דרש צות אנשים גדול וחשבונות מורכבים למדי (בהתחשבות עם כל גורמי הבליסטיקה החיצונית, המביאה אף את סיבוב כדור הארץ בחשבון). הייצור נעשה יקר ודרש מתקנים מיוחדים, וכו'.

מאידך גיסא: התפתחות מלחמת-התנועה המהירה הראתה שהיתורים שנעשו היו גדולים מדי. באה הדרישה למצוא תותח נייד וקל-תנועה עד כמה שאפשר. העמדת הדגש על נקודה זו הביאה שוב בעקבותיה התפתחות חד-צדדית. החיפושים בכיוון זה הביאו ליצירת הנשק "ללא-רתע" והרקטה. נוצרה האפשרות לשגר פגזים או פצצות בעלי עצמה גדולה למדי מכלים הקלים לאין ערוך מתותחים, וניידים במידה רבה. אולם שוב הצריך הדבר ויתורים ניכרים בשאר השטחים. מהירות הלוע ירדה במידה ניכרת מאוד, ועמה האפשרות לפגוע במטרות גייריות. הטנח ירד וכן הדיוק (ביחוד ברקטות) ונתעררו בעיות חדשות, חמורות, בקשר להלבה האחר-בית ולתחמושת (הערה: השימוש בכלים, "ללא-רתע" בקוריאה הראה, דומני שויתורים אלה היו שוב מרחיקי-לכת מדי).

אנו רואים כאן שתי דוגמאות אופיניות לכלים השונים תכלית שינוי אחד מהשני, אם כי מטרם הסופית אחת היא.

ב

נראה כיצד מופיעות בעיות אלו אצל המתכנן ואיך הן מוליכות אותו לכיוונים שנוכרו לעיל.

כל כלי נשק יש לו מטרות טקטיות מסוימות. אלה אמוסמכים לכך קובעים את הצרכים והדרישות המוצגים בפני כל כלי. תכנון הכלי הוא הנסיון לתרגם דרישות אלו לשפת המעשה. תוך כדי "תרגום" זה מתברר לרוב שדרישות רבות סותרות למעשה אחת את השניה. מרבית הכלים בעולם הנם לכן פשרה בין הדרישות השונות. השאלה היא, בדרך כלל, — מהי הדרישה העיקרית ועל מה לשים את הדגש. דבר זה קובע את אופיו הכללי של הכלי.

מתוך האמור ברור שכל העדפת דרישה אחת מביאה הזנחת דרישה שניה. יתן על כן — לפעמים העדפת תכונה מיוחדת מביאה לידי התפתחות חד-צדדית. תוך הדגשה מוחלטת של תכונה זו וויתור על האחרות.

אדגים את דברי:

הכלי האידיאלי הוא: קל ביותר ונייד, אפקטיבי בפגיעה, בעל עצמת אש גדולה, מדויק, נוח בתפעול, בעל טנח גדול, בלי מעצורים, פשוט וזול בייצור, (ואשר אין רואים אותו ואין שומיים אותו...). אף שייראה הדבר מוזר — אך לרוב מנוסחת כל דרישה לתכונה של כלי בצורה דומה לזו.

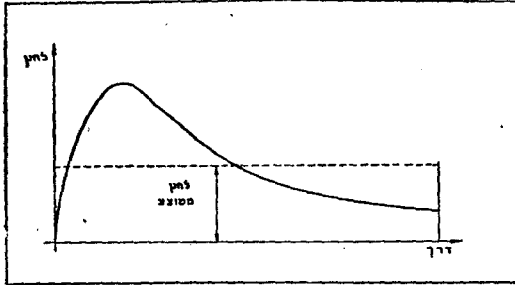
אם ננתח דרישות אלו תגלינה הסתירות הבאות: אפקטיביות הפגיעה דורשת בדרך כלל שימוש בקליע כבד יותר או בעל קוטר גדול יותר. זה מחייב מצדו את הגדלת הכלי ומשקלו. אולם הדבר נוגד לדרישה של קלות וניידות. אף הגדלת הטנח נוגדת לדרישת קלות הכלי, כי היא מחייבת בדרך כלל שימוש בלחצים פנימיים גבוהים ובקנה ארוך — ויש לחזק את הכלי ולהתאימו לכך.

מצד שני דרישת הדיוק והוסר מעצורים פירושה — עיבוד מדויק וחלקי-עזר משוכללים; וזה נוגד לדרישת זולות הייצור. וכן הלאה. לכן, באים לרוב ויתורים בשטחים שונים, וכלי הנשק הופך מאידיאלי למעשי.

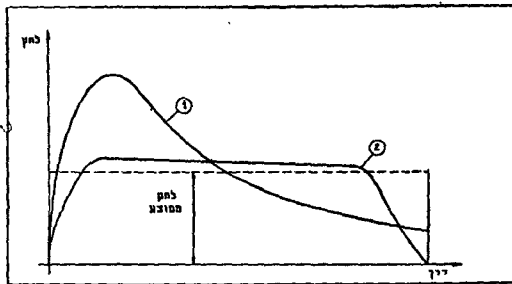
אך, כנזכר לעיל, ישנה לפעמים העדפה המביאה

במלים אחרות: אנו שואפים למכפלת דרך \times לחץ גדולה עד כמה שאפשר.

כדי למצוא מכפלה זו בעקומה שלנו נתאר לנו לחץ ממוצע אשר אם היה פועל באופן שווה כל הדרך היה נותן לנו את אותה הפעולה כמו הלחץ המשתנה. האמתי. מכפלת לחץ-ממוצע זה בדרך תתן לנו את הגודל המבוקש מבחינה מספרית.



מה חשיבותה של נקודת השיא? אנו יכולים לקבל את המכפלה הנזכרת לעיל בצורות שונות. יתואר חומר הדיף הגורם לעלית לחץ מהירה, אך לחץ זה גם יורד במהירות רבה. לאומד תו — מצוי חומר הנותן לחץ שיה כמעט במשך כל זמן הבעירה. אם נמצא את הלחץ הממוצע יוכל להיות שהוא יהיה שווה בשני המקרים. כלומר מכפלת לחץ \times דרך תהיה שווה בשני המקרים. בצורה גרפית יראה הדבר כך:



אולם אם כי המכפלה שווה — אך בכל זאת נראה לעין שיש משהו התלוי גם בצורת העיקום. להלן נראה, כיצד משפיע הדבר על תכנון הכלי. כרגע דיבנו אם רק נכיר עובדה זו. אם ניחס דברים אלו לנקודת-השיא, הרי ע"י ידיעת ערכה ביחס לחץ הממוצע ומקומה ביחס לדרך — נוכל לדעת בערך את צורת העיקום ואופיו; ונוכל להגיד לפי זה מה אופי ישא הכלי.

ג

את הנזכר לעיל נוכל להביע בנוסחה אחרת:

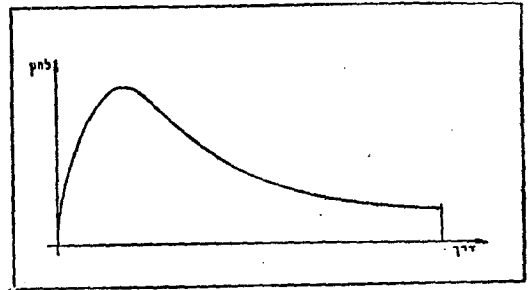
$$PS = \frac{1}{2} m V^2$$

כאשר: P — הכוח הממוצע הפועל על הקליע.

כל גוף הנע במהירות מסוימת יש לו אנרגיה קינאטית מסוימת. אנרגיית-הנרעה זו תלויה במסת הגוף וגדלה באופן מהיר עם הגדלת המהירות. או בצורת נוסחה: $E = \frac{1}{2} m V^2$
 בשעה ש: E — אנרגיה קינאטית של הגוף.
 m — מסת הגוף
 V — מהירות הגוף.

הגדלת המהירות פי שתיים מעלה את האנרגיה פי ארבעה. כל קליע העוזב את הקנה במהירות-לוע ידועה — הנו בעל אנרגיה קינאטית מתאימה. אנרגיה זו יש לספק לו — ודבר זה נעשה ע"י חומר ההדף. חומר ההדף מוצת והופך לגזים. בקנה נוצר לחץ הגדל והולך, והוא פועל על תחתית הקליע. מסיבת כוח זה מתחיל הקליע לנוע במעלה הקנה. כעבור זמן מסוים מתחיל הלחץ בקנה לרדת, בגלל גמר הבעירה מצד אחד וההתפשטות הגדולה של הגזים — מצד שני (כי הקליע עבר כבר חלק גדול מדרך בקנה). כל הזמן הולכת המהירות הקליע וגדלה (ברור שגידולה נמשך גם בומן ירידת הלחץ!) עד שהוא מגיע ללוע במהירות מסוימת. מכאן ואילך נפתקת פעולת הגזים באופן מהיר מאוד, — והקליע ממשיך בדרך למטרה.

צורה אופינית של מהלך הלחץ ביחס לדרך הקליע בקנה ניתנת בגרף הבא:



שטח הדיאגרמה נותן לנו בקנה-מידה מתאים את האנרגיה המסופקת לקליע. נקודות חשובות בעקומה זו הן:

א. נקודת שיא הלחץ ומקומה.

ב. המכפלה של לחץ \times דרך.

מה עלינו לעשות אם ברצוננו להגדיל את המהירות הלוע של הקליע?

הדעת נותנת שאם נשתמש בלחץ גבוה יותר — נקבל כוחות גדולים יותר הפועלים על הקליע. מאידך גיסא — אם נגדיל את זמן פעולת כוחות אלה על ידי הגדלת אורך הקנה — נגדיל את השפעת הכוח. שני גורמים אלו פועלים לכיוון אחד — הגדלת המהירות.

(כוח-לחץ כפול שטח חתך הקנה).

8 — דרך הקליע (אורך הקנה).

כלומר — האנרגיה הקינטית של הקליע בעזבו את הקנה שוה למכפלת הכוח הממוצע הפועל עליו באורך הקנה. (זהו חילוף האנרגיה הנעשה בזמן היריה).

בנוסחא זו אנו רואים ארבעה גדלים הניתנים ל„משחק“ כרצוננו. (אלא שקביעת שלושה מהם — נותנת ממילא את הרביעי). אפשר לשנות את מהירות הקליע על חשבון משקלו, וכן אפשר לשנות את גודל הלחץ על חשבון אורך הקנה.

מסיבות שונות — הקשורות בבליסטיקה החיצונית של הקליע — אי אפשר לקחת גדלים אלו באופן שרירותי. יש תמיד יחס מסוים בין הגדלים הנזכרים תן את התוצאות האופטימליות.

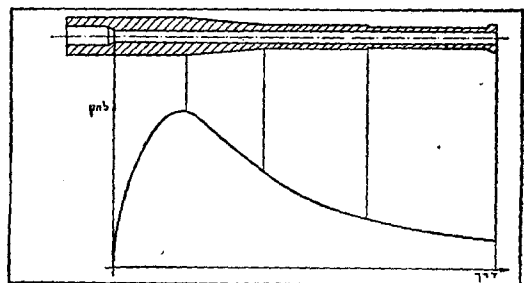
אולם אם נחזור לענייננו — הרי „משחק“ זה הוא הנותן לנו גמישות מסוימת בזמן תכנון הכלי, ומאפשר התאמת כל כלי למטרת המיוחדת. מאידך גיסא ברור כי כאשר ישנה דרישה טקטית מסוימת הריהי מתבטאת בנוסחא זו וכופה עלינו את קביעת הגדלים בצורה מסוימת.

ד

נראה כיצד נראית עכשיו הדרישה הנזכרת לעיל של „הגדלת אפקטיביות הפגיעה של תותחים“ בלימים אחרות זאת אומרת — הגדלת משקל הקליע והגדלת מהירות הלוע. כלומר — בנוסחא שלנו תהיה מכפלת $\frac{1}{2}mv^2$ גדולה יותר, מבחינה מספרית יכול גודל זה להדהים אדם הרואה זאת לראשונה. נקח לדוגמה תותח בן 6 הליטראות. (תותח „קטן“): מהירות הלוע — 820 מ' לשנייה.

במספרים עגולים תהיה האנרגיה הקינאטית של הקליע בקרבת 90.000 קילוגרם-מטר! אם נקח אורך קנה, נניח, של 2 מטר, הוה אומר שבצטרך לפעול בכוח ממוצע של 45.000 ק"ג על הקליע, כדי שהמכפלה PS תיתן לנו אנרגיה זו!

כוחות גדולים אלה מצריכים קנה מתאים, שיוכל להחזיק מעמד בלחץ הגבוה הדרוש. אם נזכור כעת



את דיאגרמת „לחץ-דרך“ הנזכרת לעיל — נראה שיש להתאים את עובי הקנה בכל מקום בעקבנו אחר צורת העיקום.

כל הגדלת עובי — גורמת להגדלת משקל הקנה. לכן אנו מעוניינים ששיא הלחץ יהיה קרוב עד כמה שאפשר אל בית הבליעה, הלחץ ירד במהירות — כדי לאפשר הורדה מרובה יותר בעובי הקנה.

כתוצאה של כל החישובים האלה, מתקבלת לבסוף צורת הקנה האופיינית לתותח. לפי זה יש לתכנן את התותח כולו. יש לסדר את מנגנון הרתיעה, שיקלט את האנרגיה הנמסרת לתותח. (הקשורה קשר קשיח עם תנועת הקליע קדימה), את אביזרי העזר, גלגלים, וכר. כלומר — כל הדברים הללו הנם פועל יוצא מהדרישה הראשונה הנ"ל וכפויים עלינו. ביידינו האפשרות לעשותם מוצלחים מבחינה קונסטרוקטיבית, במסגרת תנאיה של דרישת-היסוד הנ"ל — אך לא לעקוף תנאים אלה.

ה

הדוגמה השניה שהבאנו היתה יצירת כלי „ללא-רתע“ והרקטה. דרישת-הקלות אומרת למעשה — שיש מוש בקנה דק עד כמה שאפשר והמנועת מאבזרי עזר. בכלי ללא-רתע גמנעו מסידורי מנגנון הרתיעה ע"י פתיחת נחיר מאחור. ברקטה משמש הכלי המשגר למעשה רק מכוון, בשעה שתא השריפה נמצא בפצצה גופא.

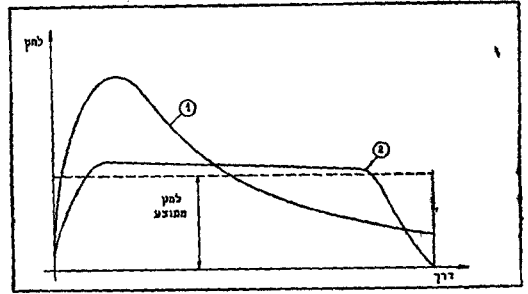
לא נכנס לבעיות של סילון הגזים הפורץ מאחור וכל ההגבלות הכרוכות בכך, אלא נצא שוב מהמשוואה שלנו $PS = \frac{1}{2}mv^2$. נסתכל הפעם אל האבר השמאלני. שני הגדלים בו הנם מוגבלים. כלי קל דורש למעשה שימוש בלחצים נמוכים. כלומר הגודל P הנו קטן ביחס. כן יש לקצר את הקנה עד כמה שאפשר, כלומר הגודל s מוגבל אף הוא. משום כך מובן שגם הגודל מימין $\frac{1}{2}mv^2$ (אשר שימש לנו נקודת מוצא בפעם הקודמת) אינו יכול להיות גדול באותה מידה כפי שראינו בתותחים. יש להוריד, איפוא, או את משקל הקליע או את מהירות הלוע. כיון שהורדת המהירות משפיעה ביותר על האנרגיה הנדרשת, הרי למעשה בוחרים בכיוון זה. מהי ריזיות-הלוע בכלים אלה נמוכות לכן מאוד ואינן עולות על 360 מ' לשנייה.

אולם אף כדי להשיג מהירויות אלו יש להתחכם קמעא. עלינו להגדיל בגבולות הנתונים את מכפלת PS עד כמה שאפשר. נביא שוב לעזרתנו את דיאגרמת „לחץ-דרך“ ונראה כיצד אפשר להפיק ממנה את המכסימום בתנאים אלה.

אנו רואים בעליל ש"תרגום" הדרישה הלכה למעשה מביא אותנו במכוון לצד אחד או למשנהו, עם כל המסקנות הנובעות מכך לגבי שאר השטחים — כגון סוג חומר ההדף, תא השריפה, אופי הכלי, וכר. ומכאן המסקנה העקרונית החשובה: באותו רגע שדרישה טקטית אחת אינה נתנת לשינוי או הפוך תה — הרי שיש לראות את הכלי כבעל אופי חד צדדי מסוים במידה רבה, ויש לנתר מראש על תכרנות אחרות. יש אז לדעת מה אפשר לקבל מהכלי, ומה נמנע ממנו מבחינה עקרונית.

כל זה קל עדיין כל זמן שישנה דרישה עיקרית אחת בלבד. אולם הדבר מסתבך בהרבה בשעה שמרפיעות על הבמה כמה דרישות, והן מגבילות את הכלי מכיוונים שונים בבת אחת. אם נלך כנגד בצורה עקבית אחר דרישה אחת, נתנגש במוקדם או במאוחר בדרישה השניה, השלישית, וכר. אם תהיינה דרישות אלו קשיחות — יתברר לרוב שאין אפשרות טכנית להוציא לפועל את תכנון הכלי. הדאפשרות היחידה היא — ויתור הדדי. אם נקח למשל את המקלע הקל נראה שמספר הדרישות ממנו הוא כה רב שאין כל אפשרות לספק את כולן. כל המקלעים השונים הם איפוא נריאציות שונות של פשרות, והשינויים וההבדלים ביניהם הנם אך תוצאה של "מה עדיף ממה".

מטרת המאמר הזו היתה להדגים נקודה אחת של הבליסטיקה הפנימית של כלי נשק, ולהוציא כמה מסקנות ממנה. משום כך הזנחנו במתכוון את שאר השטחים ולא נגענו בהם. אך דומני שאף נקודה זו דיה להוציא אשליה מלבם של רבים וטובים שאפשר "לשבור את החבית ולשמור את יינה".



במקרה זה אין אנו מעוניינים בשיא לחץ גבוה אלא נמוך, ושירידת הלחץ לא תהיה מהירה, כדי להגדיל את שטח הדיאגרמה. שני דברים אלה מרליכים אותנו לקראת צורה. יתר על כן — אם היינו מצליחים (בצורה דיאגרמה זו) להגדיל את הדרך ש היינו יכולים לקבל בלחץ נמוך את האנרגיה הדרושה לנו. אולם חשבון כמותי (מספרי) מראה לנו שהדבר מצריך אורך קנה גדול מאד ואינו נתן לבצוע.

כאן בא הרעיון לנצל את הקליע גופו בתור נושא חומר ההדף, אשר ימשיך לבעור בו דרך ארוכה לאחר עזוב הקליע את הקנה. חברה, איפוא, את תא השריפה לפצצה, חומר ההדף נבחר כך שיתן לחץ קבוע כמעט במשך זמן ארוך, ובאמצעים אלה הצליחו להשיג את המהירות הדרושה. וזו היא הרקטה. הקנה מכון את הרקטה רק בראשית דרכה, לכן הפיזור הטבעי גדול אצלה בהרבה מתותחים שבהם הקליע מכון כל זמן פעולת הכוחות.

בכלי ללא רתע היה המצב קשה יותר. מצד אחד היה כאמור גבול הלחץ המותר נמוך יחסית, ומצד שני אי אפשר היה להגדיל את אורך הקנה. צורת הדיאגרמה המתקבלת לבסוף במקרה זה (גם מסיבות אחרות) היא צורת ביניים בין זו של התותח ובין זו של הרקטה. בכל אופן איפשר הדבר שימוש בקנה דק יחסית. וכיון שהושמטו מצד שני, הרבה סידורי צור — נתקבל כלי קל כפי שנדרש.

בעתונות הצבאית

ניהוג ופיקוד

מבחן לכושר-מנהיגות*

באם נאמן אתה — זכה את עצמך ב־100 נקודות. באם נאמן אתה בדרך כלל, אך אינך ממלא בלב שלם הוראות שדעתך אינה נוחה מהן, זכה עצמך ב־50 נקודות. באם הנך מוצא תמיד פגם בהוראות הממונים עליך ומזלזל ובביצוע פקודותיהם זכה עצמך ב־0. באם נתת אי־פעם שיבקר את הנתונים לפקודתך בגלל ביצוע הוראותיך-אתה, מבלי שנטלת את האחריות על עצמך, שוב זכה עצמך ב־0.

2. התנהגות. האם הנך בעל מצב רוח עליו ומתנהג בשלוה וללא התפרצויות, או שהנך רגשן, מהיר להתיאש ובעל „מצב־רוח“? אם נדמה לך שיכול אתה להתגבר על מהלומות ופגעים תוך שמי-רה על מצב רוח טוב בפלוגתך, וביחוד כשמהלך הענינים קשה, זכה עצמך ב־100 נקודות. אם, מאידך, נוטה אתה להפגין רגזנות ולהחדיר בין הקצינים והאנשים שלך רוח תבוסנות, זכה עצמך ב־50 נקודות.

3. סבר־פנים. האם מסביר אתה תמיד פנים? האם מסביר אתה פנים לנתונים למרותך כשם שהנך נוהג כלפי הממונים עליך? האם נזפת אי-פעם בקצין או בעל דרגה אחר בנוכחות פקודיו? האם הקפדת שבמגעך עם פקודיך תהא לשונך נמרצת ותקיפה, אך עם זאת נטולת נימה של כוזב וסארקזם? באם הסברת תמיד פנים — זכה עצמך ב־100 נקודות.

אם איבדת לפעמים את השליטה על רוחך, השתמשת בלשון סרקסטית ולעגנית, או שלא הסברת פנים כלל, הרי זכה עצמך ב־75 עד 50 נקודות.

4. התנהגות אישית. האם התנהגותך מעל לבקורת, והאם משמש אתה תמיד מופת לאנשיך? בתשובה לשאלה זו עליך לבחון עצמך באופן אובייקטיבי, טבעי הדבר שהנך נוטה לראות את היתרונות כטובה, וכן מובן מאליו שלא היית מגיע לתפקידך לולא היתה התנהגותך טובה פחות או יור. עם זאת, יתכן ויש בך מגרעות שמן הראוי לתקן. למשל, האם נשמר הנך מהפרזה בשתייה

אחת הבחינות הטובות לכושר המנהיגות של מפקד הנה רמת רוח-הגייסות שביחידתו. רבים הם המפקדים הממעטים בדיבור על נושא זה, ואשר אעפ"י כן השיגו את רמת הרוח הגבוהה ביותר ביחידתם, ומאידך גיסא — אחרים, שהרבו דברים בשאלה זו, היו רחוקים ביותר מלהשיג את מטרם. משום כך, אין די במלים; יש למלא אחריותך במעשים. על כל קצין ומפקד להקדיש מחשבה רבה לכושר מנהיגותו-הוא. הישגיו יוגברו באם יבחון את עצמו בנאמנות ובדקדקנות.

הזהר במתן הציונים. אל תראה את סיכום ציוניך לאחרים. באורה זה רבים יותר הסרי מויים לבחינה בקורתית של תכונותיך, ויגדל הערך המעשי שתפיק מן המבחן. שמור על גליון המבחן ועל ציוניך, למען תחזור עליו כעבור זמן-מה ותראה באיזו מידה התקדמת.

הריני מביא בזה הצעת שאלון שניסיתיו על קצינים ביחידתי ברמת מפקדי פלוגות. שאלון זה מצומצם בהיקפו ויש בו מקום לשיפורים ניכרים. עם זאת עורר ענין רב בשאלת כושר המנהיגות, והמריץ מחד-שבה ובירורים. הרי השאלון:

1. נאמנות. האם נאמן אתה למפקדים שמעתיך? האם מבצע אתה בנאמנות פקודות, אף אם דעתך-אתה מנוגדת לזו של הממונים עליך? (באם לא, הרי אף אנשיך עלולים ללכת בדרכך, ולהיות בלתי נאמנים לך). האם נאמן אתה למפקדים ולאנשים שבפיקודך? משנתת להם הוראות כלליות, האם נוהג אתה לסייע ולתמוך בהם בביצוע הוראותיך? אם מפקד הממונה עליך מעיר לגבי משהו אשר נעשה לפי הוראותיך — האם מגן אתה על האנשים הנאשמים ונטל על עצמך את האחריות להוראותיך?

* מתוך רשימתו של בריגדיר-גנרל פרנסיס פ. הרדוי ב„ירחון האנטי-מטוסי“ האמריקאי, יולי-אוגוסט 1950.