

8.1.1 מערכת אוויר דחוס

8.2 מבוא

מערכת אוויר דחוס מספקת אוויר בלחצים שונים להפעלת מכלולים בספינה, ביניהם הנעת מנועים וגנרטורים, הפעלת צופר, הפעלת סבכה, פיקוד אוויר של שסתומי דיאפרגמה ועוד תפקידים. המערכת מחולקת לשני חצאים דומים, האחד בחדמ"ק והשני בחדמ"א. כל חלק כולל מדחס לבניית לחץ עד 150 אטמ', שני בקבוקי אוויר בנפח 50 ליטר כל אחד לאחסון האוויר הדחוס, ופנל אוויר להפחת הלחץ ל-40, 6 ו-1.1 אטמ' וחלוקה לצרכנים השונים. שני חצאי המערכת מקושרים ומגבים זה את זה, וניתן לבדוד כל חצי במקרה תקלה. חשוב לציין שזוהי מערכת עם השלכות בטיחותיות כבדות, כמו עבודה על צנרת בלחץ גבוה, שמירה כמות מספקת של אוויר בספינה להנעת גנרטורים באירועי בקנ"ז, ופריקת אוויר דחוס מהבקבוקים לסיפונים בזמן שריפה בחדר מכונות. הוראות הפעלה מלאות ונתוני עבודה של המערכת נמצאים באוגדן מכונה לספינות נירית פקודה 4.06. אוגדן בקרת נזקים מתאר את הפעלת המערכת במצבי חירום, פקודה 5.02.02. שרטוטים של המערכת המלאה נמצאים באטלס שרטוטי מערכות סטי"ל (מק"ט 1-9959-18-18), ושרטוט מספנות ישראל 2163.01.

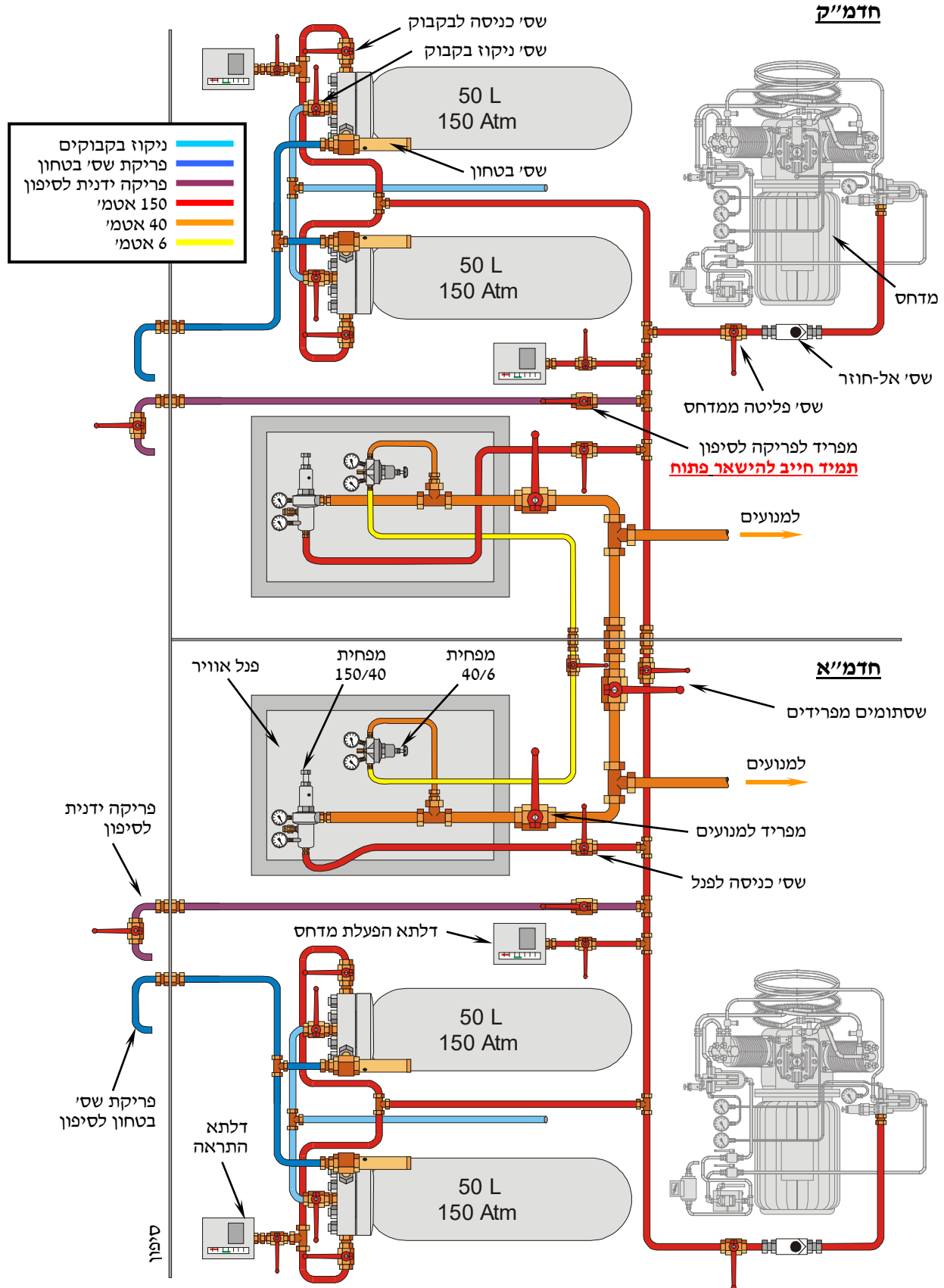
8.3 סקירת מערכת

8.3.1 מבנה כללי

בסעיף זה נסקור את המבנה הכללי של המערכת שמאפשר דחיסה של אוויר, אחסון שלו וחלוקה לצרכנים בלחצים שונים. כמו כן נתאר את הקישורים בין חצאי המערכת, אפשרויות ההפעלה והגיבוי במקרה תקלה, ופעולות במצבי חירום. שרטוט 1 מתאר את המערכת.

המערכת מחולקת לשני חצאים דומים, אחד בכל חדר מכונה. נתאר את החלק המשותף לכל חדר מכונה, ואז את החיבור בין החדרים דרך השסתומים המקשרים. כאמור, בכל חדר יש מערכת עצמאית של מדחס, בקבוקים, ופנל אוויר להפחת הלחץ וחלוקה לצרכנים. המדחס דחוס אוויר עד ללחץ של 150 אטמ'. לחץ הדחיסה המקסימלי האפשרי הוא 230 אטמ', ובספינות עם מנועי 538 דוחסים ללחץ זה ע"מ להבטיח מספיק אוויר להנעת המנועים. ביציאה מהמדחס יש שסתום אל-חוזר ושסתום פליטה מסוג קוק. תפקיד האל-חוזר הוא למנוע מהאוויר בבקבוקים לזרום אחורה דרך מדחס מדומם.

המדחס פולט את האוויר הדחוס לקו 150 אטמ' שמקשר אותו לבקבוקים ולפנל האוויר באותו חדר מכונות. המשך הקו מתחבר לחדר המכונות השני. לקו זה מחוברים שני מפסקי "דלתא", עם פיקוד בלחץ האוויר שבקו. המפסק שקרוב לבקבוקים מתריע על לחץ נמוך (120-85 אטמ'), והשני גורם להפעלת המדחס כאשר הלחץ יורד מ-100 אטמ' ומפסיק את המדחס כאשר הלחץ מגיע ל-150 אטמ'. כמו כן, לקו 150 אטמ' מחובר קו פריקת לחץ לסיפון, אשר מאפשר לרוקן את האוויר הדחוס בזמן שריפה בחדר מכונות. בקו הזה יש מפריד בחדר מכונות שחייב להישאר פתוח ע"מ לאפשר את פריקת האוויר במקרה חירום. כל הצנרת של 150 אטמ' חייבת להיות עשויה מפלדה, ולא מנחושת או מחומרים אחרים.



שרטוט 2; מבנה כללי של מערכת אוויר דחוס

לשם פשטות הצרכנים במערכת לא משורטטים ובפנל אוויר דחוס מופעים רק מפחיתי הלחץ

לכל בקבוק אוויר יש שסתום שמחבר אותו לקו 150 אטמ'. בשגרה שסתומים אלו חייבים להישאר פתוחים ע"מ לאפשר פריקה של הלחץ בבקבוקים לסיפון. כמו כן, על כל בקבוק מחובר שסתום בטחון שמכיל ל- 250 אטמ'. שסתום זה פורק את עודף הלחץ לסיפון. ניתן לנקז נוזלים שהצטברו בבקבוקים לשיפוליים בעזרת שסתומי הניקוז שמחוברים לבקבוקים. הניקוז מבוצע כל שלוש שעות.

לפנל אוויר יש שסתום כניסה מקו 150 אטמ'. לשם פשוטות כל הצרכנים ורכיבים נוספים בפנל לא משורטטים, אלא רק מפחיתי הלחץ. הפחתת הלחץ מבוצעת בשני שלבים, המפחית הראשון מוריד את הלחץ ל-40 אטמ', והשני מפחית את הלחץ הזה ל-6 אטמ'. לאחר כל מפחית יש פיצולים לצרכנים השונים. בשרטוט אנו רואים שאחד מהצרכנים של 40 אטמ' הוא מפחית הלחץ ל-6 אטמ', ומפריד נוסף מוביל אל מנועים. מהקו שמוביל למנועים יש התפצלות לקישור בין חדרי מכונות בלחץ של 40 אטמ'. נשים לב שאף אחד מהצרכנים של קו 6 אטמ' לא משורטט, מלבד הקו שמקשר בין חדרי מכונות.

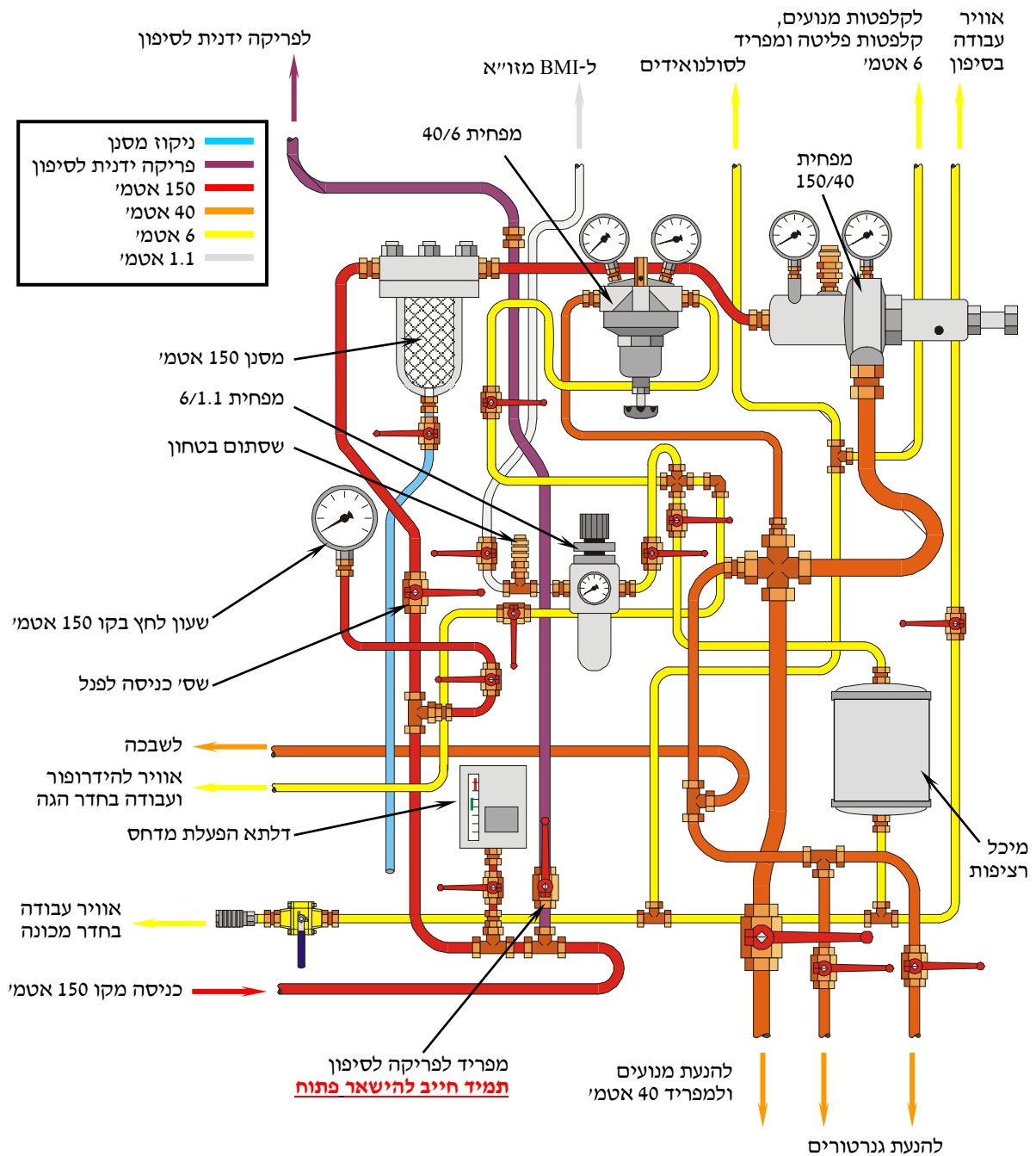
כפי שתואר, מערכות האוויר הדחוס בשני חדרי המכונה מקושרות בצנרת של 150, 40 ו-6 אטמ'. בחדר מכונות אחורי ישנם שסתומים מפרידים לשלושת הצינורות המקשרים, בצמוד למחיצה בין חדרי מכונות. במצב של עמדות קרב (ועדיף גם בשגרה), שלושת השסתומים סגורים ע"מ להבטיח שדליפה/תקלה בחצי אחד של המערכת לא תרוקן את האוויר בחצי השני. לאחר איתור ובידוד הדליפה, ניתן לפתוח את השסתום המפריד המתאים ע"מ לגבות את המערכת הפגועה בעזרת המערכת התקינה.

עבודה על צנרת בלחץ דורשת זהירות ותשומת לב. כל עבודה על צנרת של 150 אטמ' דורשת את נוכחות קצין המכונה (פקודה 3.09 באוגדן מכונה). לפני תחילת העבודה חשוב לוודא שכל הצנרת מנוקזת מאוויר בלחץ. קטע צנרת שבד"כ נשכח הוא הצינור שמחבר בין שסתום האל-חוזר בפליטת המדחס לשסתום הפליטה של המדחס. פתיחת שסתומי הניקוז של המדחס לא מספיקה, מכיוון שהאל-חוזר מונע את ניקוז הקטע דרך המדחס. הדרך הנכונה לנקז את הקטע הזה היא בכיוון זרימת האל-חוזר דרך פנל אוויר דחוס – צריך לוודא שכל הצרכנים, המפרידים והשסתומים על הבקבוקים סגורים לפני שמנקזים את קו 150 אטמ' דרך שסתום ניקוז על מסנן 150 אטמ' שעל הפנל (הסעיף הבא מתאר את הפנל).

נסיים במספר הערות על פריקת הבקבוקים לסיפון בזמן שריפה בחדר מכונות. צריך לזכור שהמטרה היא לרוקן את האוויר מהבקבוקים בחדר מכונות שנשרף, אבל להשאיר אוויר בבקבוקים שבחדר השני ע"מ לאפשר הנעת גנרטורים להפעלת משאבות כיבוי אש. במקרה של שריפה בחדמ"ק מספיק לסגור את שלושת המפרידים בחדמ"א, ואז לפרוק את הבקבוקים בחדמ"ק. אם השריפה היא בחדמ"א וקיים ספק אם המפרידים באמת סגורים, אז ראשית צריך להניע גנרטורים בחדמ"ק ואז לסגור את הבקבוקים בחדמ"ק, ורק לאחר מכן לנקז את הבקבוקים בחדמ"א לסיפון (אלא אם הנעת הגנרטורים בחדמ"ק מתעכבת). בגמר הניקוז חייבים לוודא ששסתום הניקוז על הסיפון סגור, ורק אם קיים צורך בהנעה מחדש של גנרטור בחדמ"ק אז אפשר לפתוח בקבוק בחדמ"ק, להניע את הגנרטור, לסגור את הבקבוק, ואז שוב חייבים לנקז את הבקבוקים בחדמ"א שבינתיים הספיקו להתמלא מהבקבוק שנפתח בחדמ"ק. לאור הסיבוך, הסיכונים ובזבוז האוויר של המצב שתואר, מוטב להקפיד שבשגרה המפרידים בין חדרי מכונות תמיד יהיו סגורים.

8.3.2 פנל אוויר

פנל אוויר מוזן בלחץ 150 אטמ' מהבקבוקים, והוא מפחית את הלחץ ל-40, 6 ו-1.1 אטמ' ומחלק את האוויר הדחוס לצרכנים המתאימים. הפנל הקדמי מותקן על דופן שמאל של הבקרה, והפנל האחורי מותקן על המחיצה האחורית של חדמ"א, ליד מיכל שמן אחורי. לשני הפנלים מבנה דומה, ישנם רק הבדלים קטנים בחלק מהצרכנים. נתייחס לפנל אוויר אחורי שמופיע בשרטוט 2.



שרטוט 3; פנל אוויר דחוס אחורי

פנל האוויר מחובר לקו 150 אטמ' ראשי שמקשר בין בקבוקים, מדחס, הפנל וחדר המכונות השני. בכניסה לפנל מותקן שסתום כניסה שמפריד משאר קו 150 אטמ'. לפני שסתום הכניסה לפנל ניתן לראות את המפריד לפריקת חירום לסיפון ואת הדלתא שמפעילה את המדחס שתוארו בסעיף הקודם. כמו כן יש שעון לחץ שמראה את הלחץ בקו 150 אטמ'. לאחר הכניסה לפנל האוויר עובר במסנן 150 אטמ' שנועד לסנן חלקיקים (כמו חלודה מהצנרת והבקבוקים) ונוזלים שהתעבו. ניתן לנקז את המסנן לשיפוליים בעזרת שסתום בתחתית. על פי הנהלים, ניקוז זה מבוצע כל שלוש שעות.

לאחר המסנן האוויר מגיע למפחית לחץ 150/40 אטמ'. על המפחית ישנם שעוני לחץ שמראים את הלחץ לפני ואחרי. בצד של ה- 40 אטמ' מותקן שסתום בטחון שפרוק לאטמוספירה בלחץ של 44 אטמ'. שסתום זה נועד למנוע לחץ גבוה מדי בצנרת 40 אטמ' במקרה של כשל של המפחית שגורם לו להעביר את הלחץ הגבוה ללא הפחתה. ביציאה מהמפחית יש התפצלות לצרכני 40 אטמ' השונים.

הצינור בקוטר הגדול משמש להנעת מנועים והוא גם מקשר בין חדרי מכונה. כמו כן יש יציאה עם שסתום לכל גנרטור. לכל גנרטור יש מפחית לחץ ל- 10 אטמ' לפני המתנע. בחדמ"א יש פיצול מהפנל לשבכה. צופר האוויר מקבל אספקה של 40 אטמ' ישירות מקו האוויר שמוביל מהפנל הקדמי למנוע 4. שימו לב שאם השסתום להנעת מנועים על הפנל סגור, אז עדיין ניתן להניע מנועים מלחץ אוויר שמגיע מהחדר השני, אך לא ניתן להניע גנרטורים.

בנוסף לכל צרכני 40 אטמ', יש פיצול שמזין את מפחית 40/6 אטמ'. גם למפחית זה שעונים ושם בטחון כמו למפחית 150/40 אטמ'. ביציאה מהמפחית יש התפצלות לשני סוגים של צרכנים. הצרכנים הרגילים מקבלים אוויר ישירות אחרי המפחית, ואלו הם אוויר למילוי ההידרופור בחדר הגה, והקו שמזין את מפחית 6/1.1 אטמ'. הפיצול השני מוביל למיכל רציפות, ורק אחריו יש התפצלות לצרכנים.

כפי שנראה בסעיפים בהמשך, מפחית הלחץ יוצר לחץ שקצת פועם. מיכל הרציפות הוא פשוט נפח יחסית גדול לשאר הצנרת, ונפח זה סופג את פעימות הלחץ, כך שביציאה מהמיכל הלחץ קבוע. במקור, הצורך בלחץ קבוע ללא פעימות נבע מכך שבספינות עם מנועי 538 אוויר בלחץ 6 אטמ' שימש לפיקוד על המנועים, הן בקביעת הסל"ד, והן בהצמדת התשלובות. בניירות עם מנועי 396, אוויר לאחר מיכל הרציפות משמש להפעלת קלפטות הטורבינות שעל המנועים, קלפטות פליטה של המנועים, חיבור לסולנואידים להפעלת שסתומי דיאפרגמה, ולאספקת אוויר לעבודה על הסיפון ובחדרי מכונות. כמו כן, הקו המקשר בין חדרי מכונות בלחץ 6 אטמ' נלקח מפיצול מהקו שהולך לקלפטות של המנועים, כלומר הקו מחובר אחרי מיכל הרציפות.

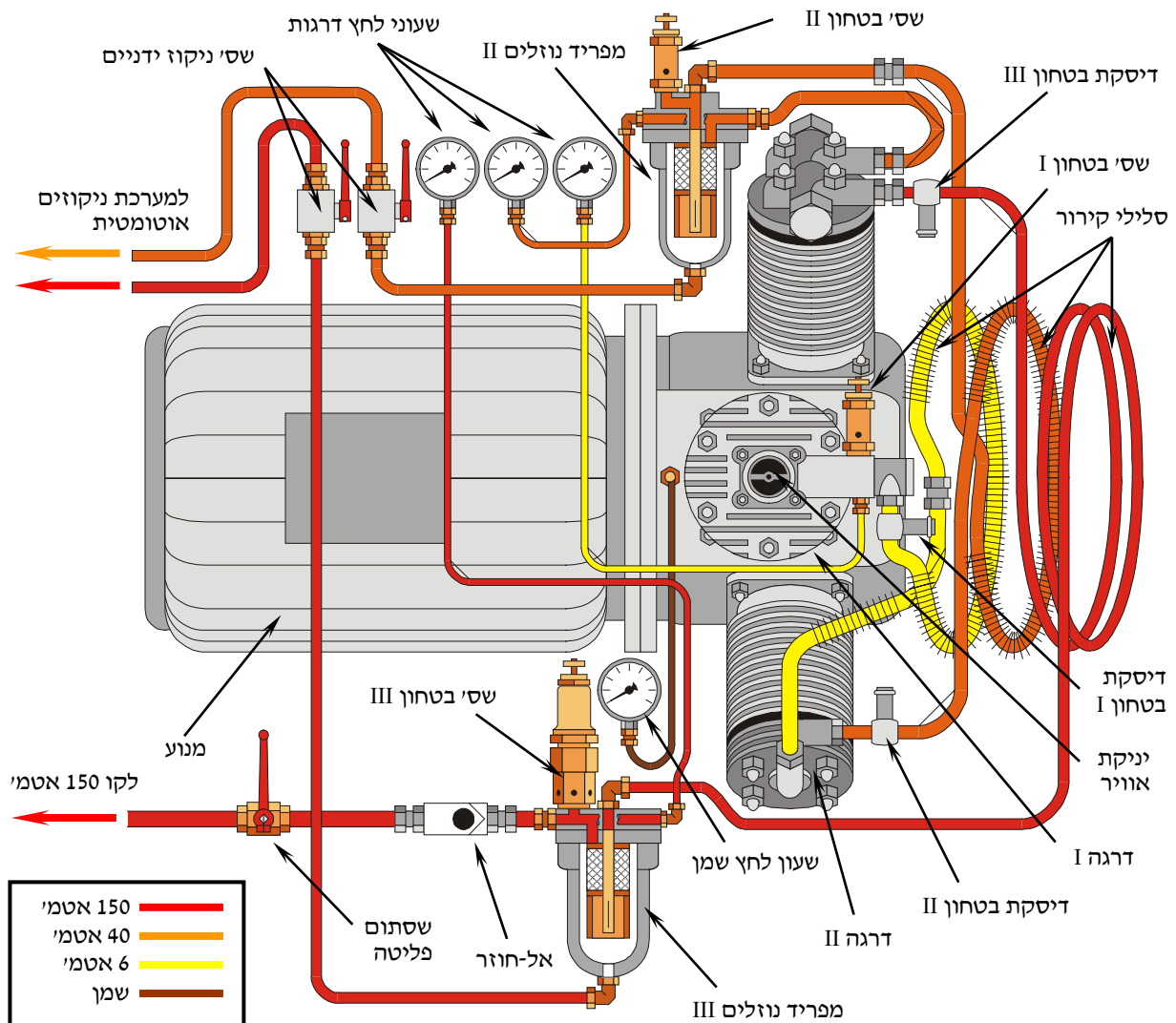
המפחית האחרון בפנל הוא מפחית 6/1.1 אטמ'. למפחית זה יש רק שעון לחץ אחורי, ושסתום הביטחון מותקן בנפרד מהמפחית. קו 1.1 אטמ' מזין את ה-BMI של יחידות מזו"א במדורים. קו זה אינו קריטי, ולכן אין קישור בין החצי הקדמי והאחורי של הספינה.

8.4 מכלולים במערכת

8.4.1 מדחס אוויר

8.4.1.1 כללי

מדחס האוויר הוא בעל שלוש דרגות דחיסה, כאשר לכל דרגת דחיסה יש צילינדר אחד. הצילינדרים מסודרים בצורת מניפה עם זווית 65° בין הצילינדרים, ולשלושת הבוכנות פין ארכובה משותף. המדחס מונע ע"י מנוע חשמלי בעזרת מצמד ציפורניים גמיש. תאור של מהלך זרימת האוויר דרך המדחס מופיע בשרטוט 3.



שרטוט 4; תרשים זרימה של מדחס אוויר

להלן נתונים טכניים של המדחס:

קוטר צילינדר דרגה I	95 מ"מ
קוטר צילינדר דרגה II	38 מ"מ
קוטר צילינדר דרגה III	18 מ"מ
אורך מהלך בוכנה	46 מ"מ
לחץ דחיסה מקסימלי	230 אטמ'
ספיקת דחיסה	10.5 מ"ק אוויר חופשי בשעה
מהירות סיבוב	1150 סל"ד
הספק מנוע חשמלי	8.5 כ"ס
זרם נומינלי	13.5 אמפר

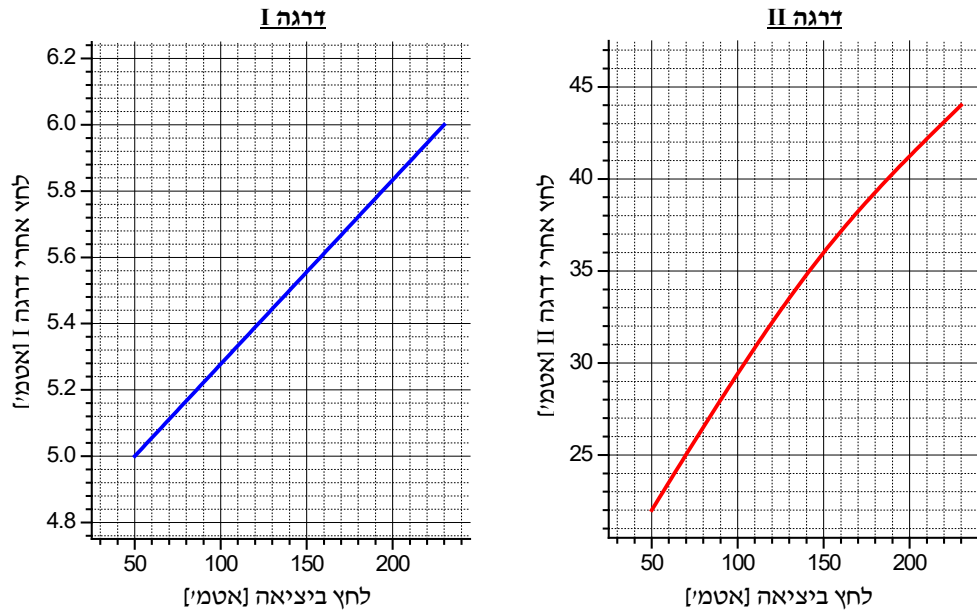
המדחס מקורר אוויר ע"י מניפה שמחוברת לקצה הקדמי של גל הארכובה. המניפה מקררת את הצילינדרים ואת סלילי הקירור שמסלקים חום מהאוויר שנדחס אחרי כל דרגה. הפרדת נוזלים שמתעבים באוויר שנדחס ומקורר מבוצעת ע"י מפרידי נוזלים שמותקנים אחרי דרגות II ו-III ומערכת ניקוזים אוטומטית.

דרגה I יונקת אוויר מהאטמוספירה דרך מסנן (המסנן לא מופיע בשרטוט 3), ודוחסת אותו ללחץ של בין 5 ל- 6 אטמ', כתלות בלחץ ביציאה מהמדחס, ראה גרף 1. ביציאה מהדרגה מורכב שסתום בטחון שמכויל לפרוק ב- 7 אטמ', וכן יציאה לשעון לחץ. משם האוויר זורם ליניקה של דרגה II דרך סליל קירור, שהוא צינור פלדה שאליו מרותכות צלעות קירור. האוויר מתחמם במהלך הדחיסה בדרגה I, וקירורו מקטין את נפחו, כך שדרגה II דוחסת נפח אוויר קטן יותר, והמנוע החשמלי צריך להשקיע פחות עבודה. כמו כן קירור האוויר בין הדרגות מוריד את טמפרטורות העבודה הכלליות במדחס מתחת ל- 200°C, ובכך נמנעת שריפת שמן. הסליל מקיף את המניפה של המדחס פעם אחת. נשים לב שבתחילת כל סליל קירור מותקנת דיסקת בטחון שנפרצת עם הלחץ בסליל עולה לרמה מסוכנת. עליית הלחץ יכולה להיגרם מסתימת פיו בסליל. מקור הפיח בסלילים ובשאר חלקי המדחס הוא שמן שנשרף כתוצאה מטמפרטורות הדחיסה הגבוהות. בדחיסה ל- 150 אטמ' הטמפי' המקסימלית יותר נמוכה מאשר בדחיסה ל- 230 אטמ', ולכן בעיות פיוח נפוצות בספינות 396 לעומת ספינות עם מנוע 538.

דרגה II מעלה את הלחץ מ- 6 אטמ' ל- 20 עד 45 אטמ', שוב כתלות בלחץ ביציאה מהמדחס, כפי שמופיע בגרף 1. בפליטה מהדרגה יש סליל קירור, גם הוא בעל צלעות קירור. הסליל מוביל למלכודת נוזלים. מקור הנוזלים באוויר הוא הלחות באוויר האטמוספירי והשמן של המדחס. המלכודת מותקנת לאחר הסליל כי פעולת הקירור מגבירה את התעבות הנוזלים. על המלכודת מותקן שסתום בטחון לדרגה II שמכויל לפרוק ב- 55 אטמ'. כמו כן יש יציאה לשעון לחץ. בתחתית המלכודת יש יציאה לניקוז הנוזלים שהצטברו. צינור הניקוז מוביל לשסתום ניקוז ידני ואחריו מותקנת מערכת ניקוזים אוטומטית, שתפורט בהמשך.

מהמלכודת האוויר מגיע לדרגה III. הלחץ בפליטה הוא בהתאם ללחץ הנגדי שיש בקו 150 אטמ' של הספינה, כלומר כמו הלחץ בבקבוקים. לאחר הדרגה האוויר עובר בסליל קירור. על סליל הקירור של דרגה III לא מרותכות צלעות קירור, מהחשש שהריתוך יחליש את הצינור. הסליל עושה שני סיבובים סביב מניפת המדחס ע"מ לפצות על החוסר בצלעות קירור. לאחר מכן האוויר עובר במלכודת נוזלים שדומה לזאת של דרגה II, רק עם מבנה יותר מסיבי. על המלכודת מחובר שסתום בטחון שמכויל לפרוק ב- 245 אטמ'. בתחתית המלכודת יש יציאה לניקוז, ומהמכסה יש יציאה

לשעון לחץ. לאחר מכן האוויר עובר דרך שסתום האל חוזר בפליטת המדחס ושסתום הפליטה ומגיע לקו 150 אטמ".

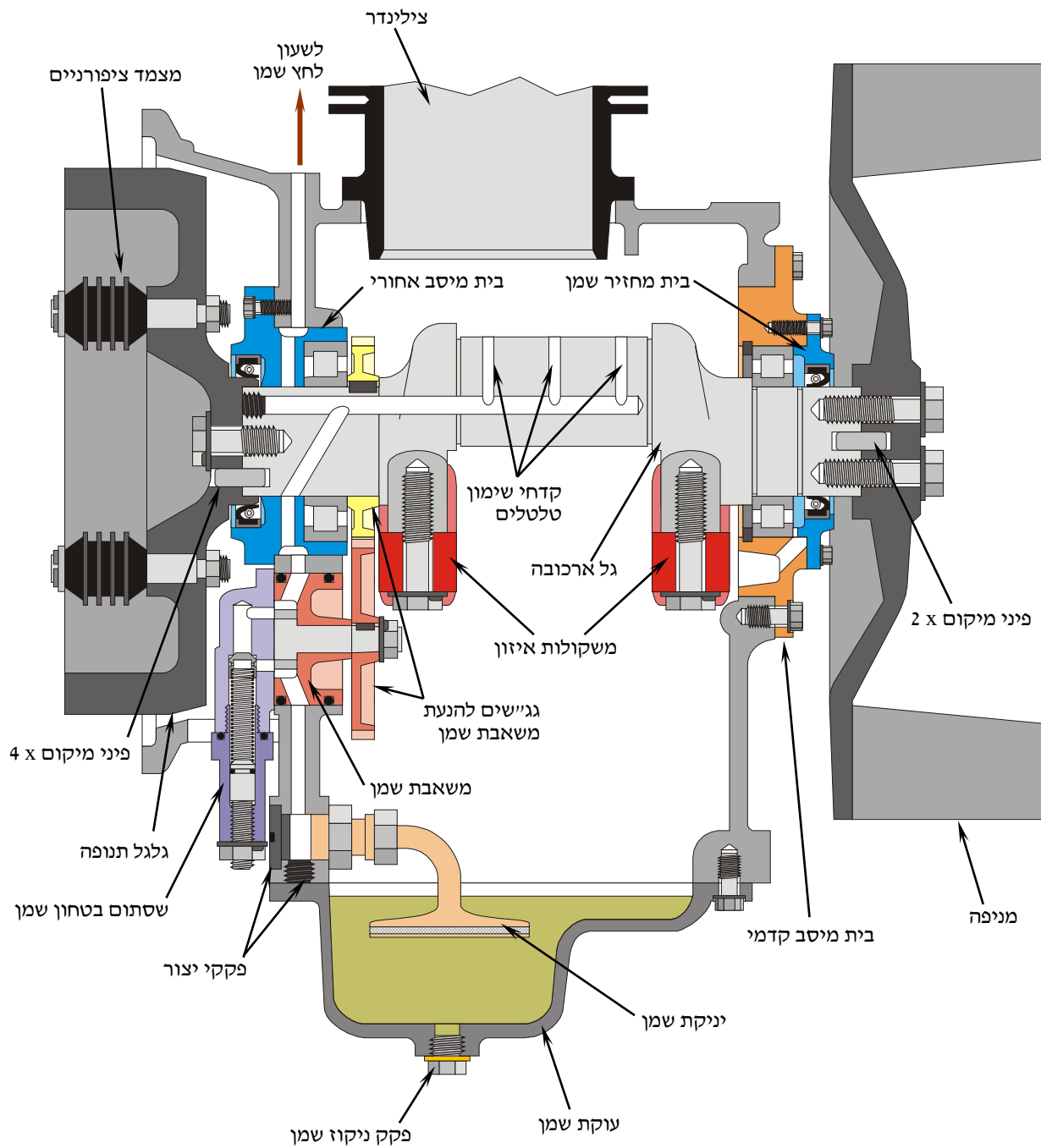


גרף 2; לחצים בדרגות I-II כתלות בלחץ ביציאה מהמדחס

8.4.1.2 גל ארכובה

גל ארכובה עשוי מפלדה מחושלת, ויש לו פין ארכובה אחד שמשותף לבוכנות של כל שלושת הדרגות. בית גל הארכובה עשוי מסגסוגת אלומיניום. חתך של גל הארכובה ובית גל ארכובה מופיע בשרטוט 4. שתי משקולות איזון מחוברות לגל ע"מ לאזן את פין הארכובה וחלק ממסת הטלטלים. בקצה האחורי של הגל מחבור גלגל תנופה שגם משמש מצמד ציפורניים למנוע החשמלי. גלגל התנופה נועד לשמור על מהירות סיבוב קבועה למרות הנטייה להאט במהלך הדחיסה בכל צילינדר. גלגל התנופה מחובר לגל ארכובה בבורג מרכזי וארבעה פני מיקום שמעבירים את התנועה הסיבובית. גרמושקות הגומי מחוברות לפיני הציפורניים בטבעות סיגר. בקצה הקדמי של גל הארכובה מחוברת מניפה ע"י שני ברגים ושני פני מיקום. המניפה פועלת כמו משאבה צנטרפוגלית – היא יונקת אוויר מהמרכז ופולטת אותו בהיקף, ישר אל סלילי הקירור שמסודרים מסביב למניפה. מסביב לסלילי הקירור יש חיפוי מפח שמסיט את האוויר אחורה על הצילינדרים.

גל הארכובה ממוסב במיסב גלילי בכל קצה. המיסב הקדמי מגביל את התנועה הצירית של הגל, ואילו למיסב האחורי יש חופש תנועה צירי. סידור זה מאפשר התפשטות תרמית שונה של גל הארכובה ובית גל הארכובה, מבלי ליצור מאמצים ציריים בגל. המיסבים יושבים בבתי מיסבים שמתפרקים מבית גל הארכובה. ע"י שחרור בתי המיסבים ניתן לשלוף את גל הארכובה כיחידה אחת לכיוון הקדמי של המדחס. בנוסף למיסבים, בכל קצה של הגל מורכבים מחזירי שמן. המחזיר האחורי יושב בבית המיסב, ואילו למחזיר הקדמי יש בית מיוחד משלו.

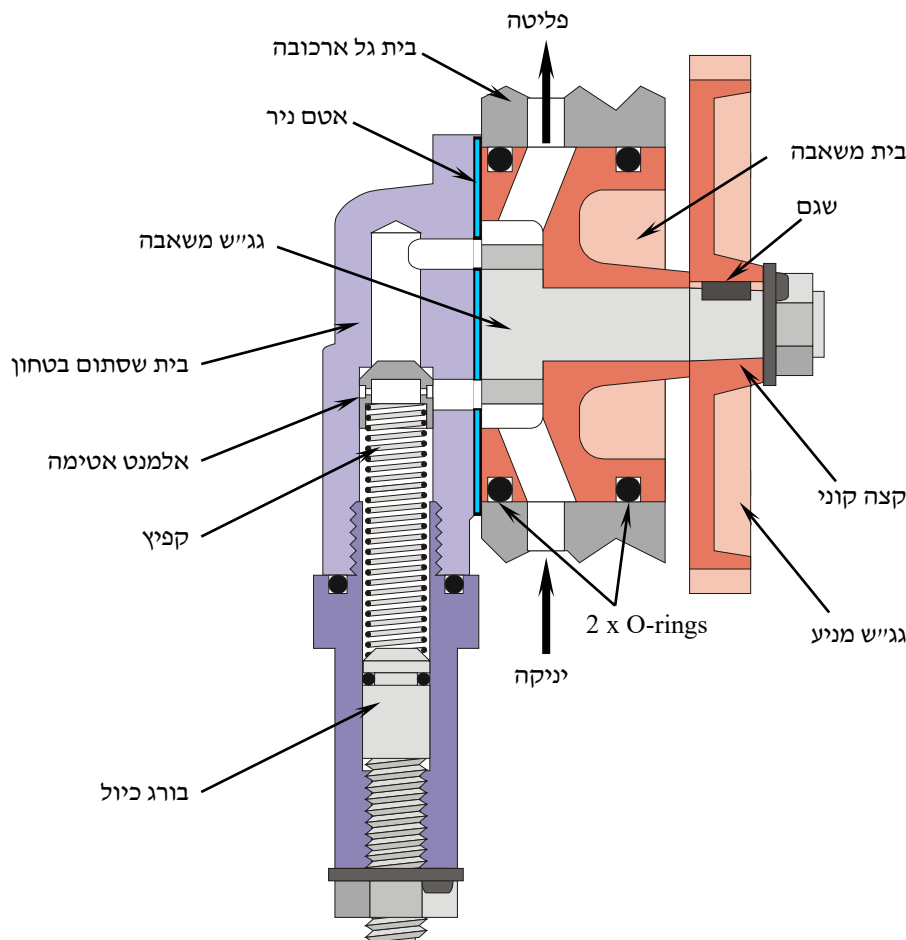


שרטוט 5; חתך גל ארכובה מדחס אוויר

8.4.1.3 מערכת שמן

למדחס יש מערכת שמן שמספקת שמן בלחץ לפין הארכובה והמיסבים התחתונים של הטלטלים, ראה שרטוט 4. משאבת השמן יונקת את השמן מהעוקה, ומזרימה אותו בקדח אנכי בבית גל הארכובה לבית המיסב האחורי. בית המיסב מאפשר את כניסת השמן לתוך הקדח בגל הארכובה שמוביל למיסבים התחתונים של הטלטלים. במקביל, חלק מהשמן ממשיך למעלה בקדח אנכי שמוביל ליציאה לשעון לחץ שמן.

משאבת השמן היא מסוג ג'ייש, והיא מונעת ע"י ג'יישים מגל הארכובה. ג'יישי ההנעה מחוברים עם שגמים לגל הארכובה וציר המשאבה בהתאם, ראה שרטוט 4. חתך מפורט של המשאבה ושסתום הבטחון מופיע בשרטוט 5. קצה ציר המשאבה שעליו מתלבש הג'ייש הוא בעל חתך קוני, דבר שמגדיל את אחיזת הג'ייש בציר בנוסף לשגם.



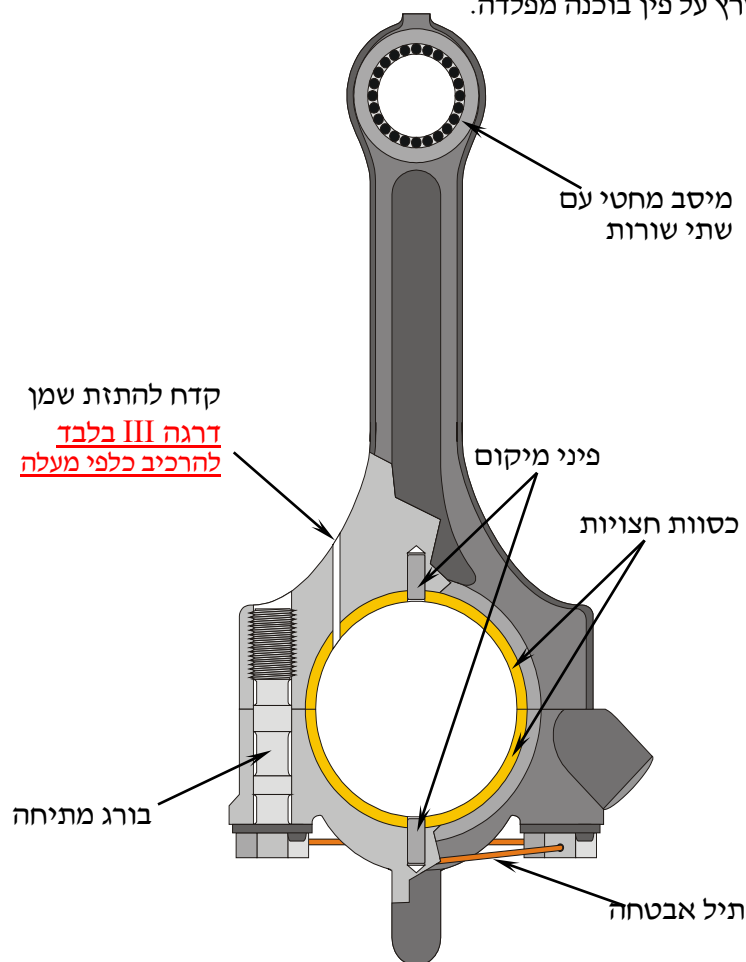
שרטוט 6; חתך משאבת שמן מדחס

בצידה האחורי של המשאבה מורכב שסתום בטחון שמכיל לפורק מהפליטה של המשאבה בחזרה ליניקה מעל ללחץ של 2.8 אטמ'. הכיול מבוצע ע"י בורג שקובע את הלחץ הראשוני של הקפיץ על אלמנט האטימה. לבורג הכיול יש אטימת O-ring. שימו לב שלא אלמנט האטימה יש קדחים בצדדים שמונעים היווצרות לוק הידראולי מתחת לאלמנט, דבר שהיה מונע מהשסתום להיפתח. בית שסתום הבטחון סוגר את הצד האחורי של המשאבה, והוא מחובר בארבעה ברגים, ואטום באטם ניר. מכלול בית השסתום והמשאבה מהודק לבית גל הארכובה עם שני ברגים. בית המשאבה הוא

עגול והוא נכנס לקדח בבית גל הארכובה ונאטם בשני O-rings. בדגמים ישנים של משאבות אין אטם ניר בין בית המשאבה לבית השסתום, אלא שבמקום החריץ של ה-O-ring האחורי, ה-O-ring יושב במדרגה שחרוטה בקצה בית המשאבה, והדבר מאפשר לו לאטם בין המשאבה, השסתום ובית גל הארכובה.

8.4.1.4 טלטלים

הטלטלים של שלושת הדרגות זהים, למעט הטלטל של דרגה III שיש לו קדח מיוחד לריסוס שמן בחלל בית גל הארכובה, ראה שרטוט 6. הטלטלים עשויים בפלדה מחושלת. המיסב התחתון הוא מיסב החלקה חצוי, עם כסוות מפלדה מצופה תרכובת של עופרת וברונזה. הכסוות מקובעות עם פינים, והחצאים מהודקים בבורגי מתיחה למומנט של 5 קג"מ ומאובטחים בתיל. חצאי המיסב ממוספרים, ויש להקפיד על התאמה בזמן ההרכבה על פין הארכובה. כמו כן, יש להקפיד להרכיב את טלטל דרגה III כך שקדח ריסוס השמן יפנה כלפי מעלה. המיסב העליון הוא מיסב מחטים כפול עם שתי שורות שרץ על פין בוכנה מפלדה.



שרטוט 7; טלטל מדחס

8.4.1.5 דרגה I – צילינדר, בוכנה וראש

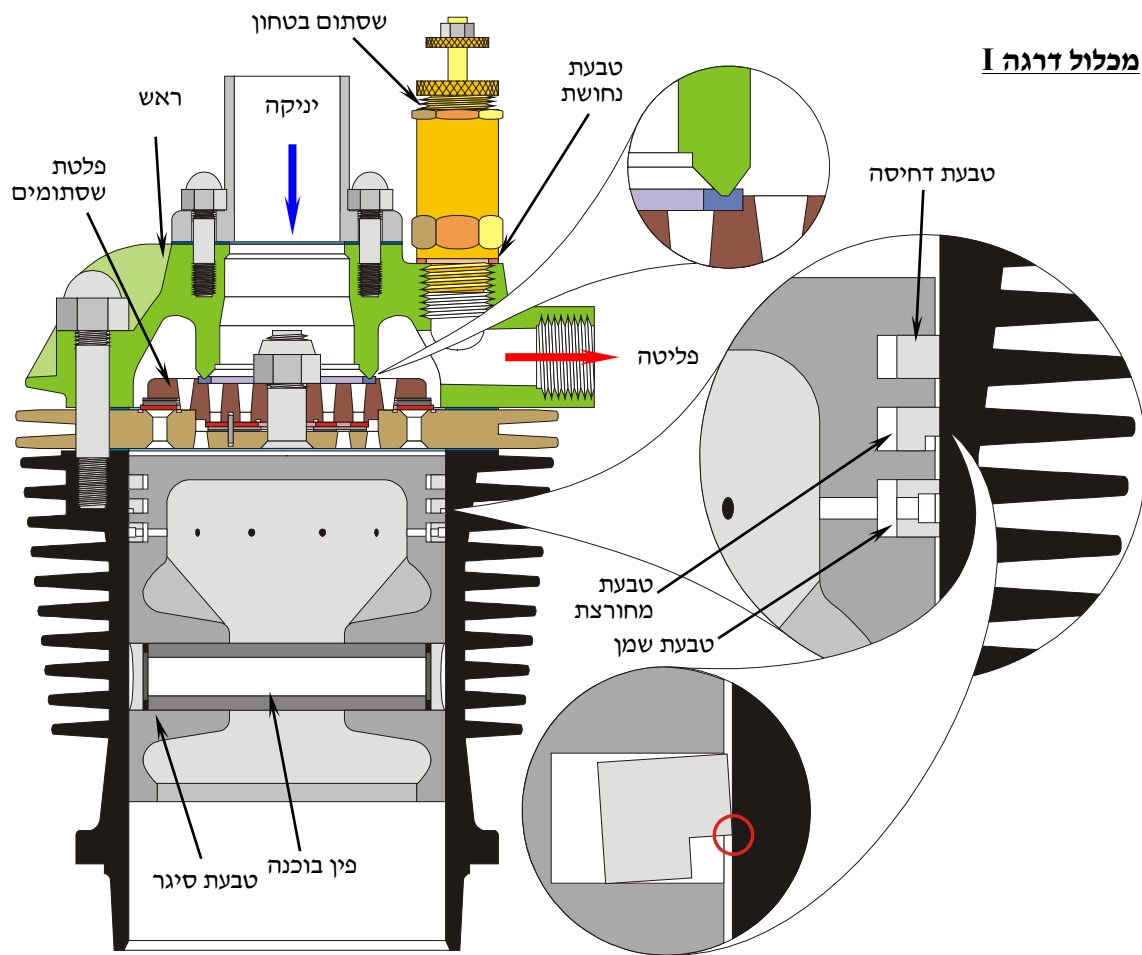
הצילינדר עשוי מיציקת ברזל אפור עם צלעות קירור עמוקות. שימו לב שעובי הדופן של הצילינדר גדל בחלק העליון ע"מ לעמוד בלחץ המוגבר, ראה שרטוט 7. עומק הצלעות גם גדל, כי החום הגבוה מתקבל בלחצים הגבוהים לקראת סוף מהלך הדחיסה, בחלק העליון של הצילינדר. הצילינדר

מחובר לבית גל הארכובה עם ארבעה גוגיונים ונאטס באטס ניר. הקדח הפנימי של הצילינדר עבר תהליך הונינג (honing), שהוא השחזת רשת מעוד עדינה של חריצים בצורת שתי וערב אלכסוניים. חריצי ההונינג נועדו לכלוא פרודות שמן קטנות ובכך לסוך את הבוכנה שנעה בתוך הצילינדר. על מנת ליצור איזון דינמי בין הבוכנות של שלושת הדרגות, לכולן מסה דומה, למרות ההבדלים בקוטר קדח הצילינדר. הבוכנה של דרגה ראשונה עשויה מסגסוגת אלומיניום אשר נועדה להפחית את משקלה למרות הקוטר הגדול. אלומיניום הוא חומר מתאים בגלל הלחצים והטמפי' היחסית נמוכים של דרגה I. פין הבוכנה חלול, ומקובע לבוכנה עם טבעת סיגר בכל קצה. הפין לא מסתובב ביחס לבוכנה, והמחטים של המיסב המחטי בקצה העליון של הטלטל מתגלגלים ישירות על פין הבוכנה. לבוכנה שלוש טבעות. העליונה היא טבעת דחיסה מלבנית. מתחתיה יש טבעת דחיסה מחורצת. החריץ גורם לטבעת להתעוות כך שהקצה התחתון בא במגע עם הצילינדר, והקצה העליון קצת מרוחק ממנו. האטימה שמתקבלת היא נקודתית, והזווית של הטבעת עוזרת לגרוף שמן כלפי מטה ומונעת ממנו להגיע לחלל הדחיסה. בזמן הרכבת הטבעת יש להקפיד שהחריץ פונה כלפי מטה. הטבעת התחתונה היא טבעת שמן שנועדה לשמן את הצילינדר במהלך עליית הבוכנה, והיא גורפת את השמן במהלך ירידת הבוכנה. שימו לב שמאחורי טבעת השמן יש קדחים בבוכנה לניקוז עודפי שמן שנגרף.

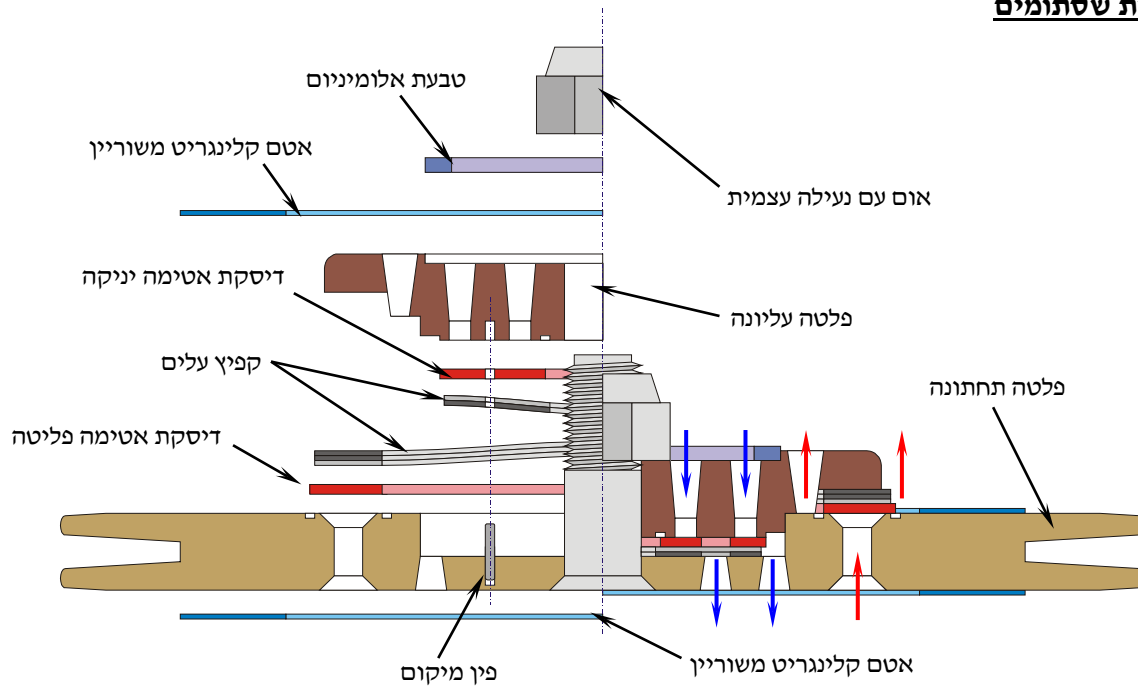
ראש הצילינדר עשוי מאלומיניום, ותפקידו לנתב את האוויר היניקה והפליטה אל פלטת השסתומים שיושבת תחתיו. הפלטה מורכבת מזוג שסתומים אל-חוזרים, מכוונים כך שאחד מהם מאפשר כניסת אוויר לצילינדר מחלל היניקה בראש בזמן שהצילינדר נע כלפי מטה, והשני מאפשר יציאת אוויר מהצילינדר אל חלל הפליטה של הראש כאשר הצילינדר נע כלפי מעלה. האל-חוזרים מסודרים בצורה קונצנטרית, כך ששסתום הפליטה בהיקף ושסתום היניקה במרכז.

פלטת השסתומים מורכבת משתי פלטות ברזל שלוכדות ביניהן דיסקאות אטימה וקפיצים. בורג מרכזי עם אום בעלת נעילה עצמית מהדק את כל המכלול ביחד. דיסקת האטימה הפנימית (יניקה) אוטמת כנגד הפלטה עליונה, ומהודקת כלפי מעלה עם קפיץ עלה שנמצא תחתיה. הקפיץ נשען על הפלטה התחתונה. בזמן מהלך היניקה (בוכנה נעה כלפי מטה) הדיסקה יורדת למטה ומאפשרת כניסת אוויר. בזמן מהלך הפליטה (בוכנה עולה למעלה) הדיסקה מתהדקת כלפי מעלה בכוח הקפיץ ולחץ האוויר בצילינדר, ומונעת את יציאת האוויר בחזרה לחלל היניקה. דיסקת האטימה של הפלטה היא חיצונית ופועלת באופן הפוך. היא אוטמת כנגד הפלטה התחתונה, ומהודקת עם קפיץ עלים מלמעלה שנשען על הפלטה העליונה. ישנו פין מיקום שמונע מהפלטה העליונה והתחתונה ודיסקת האטימה והקפיצים של היניקה להסתובב אחד ביחס לשני.

מכלול דרגה I



פלטת שסתומים



שרטוט 8; צילינדר- בוכנה- ראש ופלטת שסתומים דרגה I

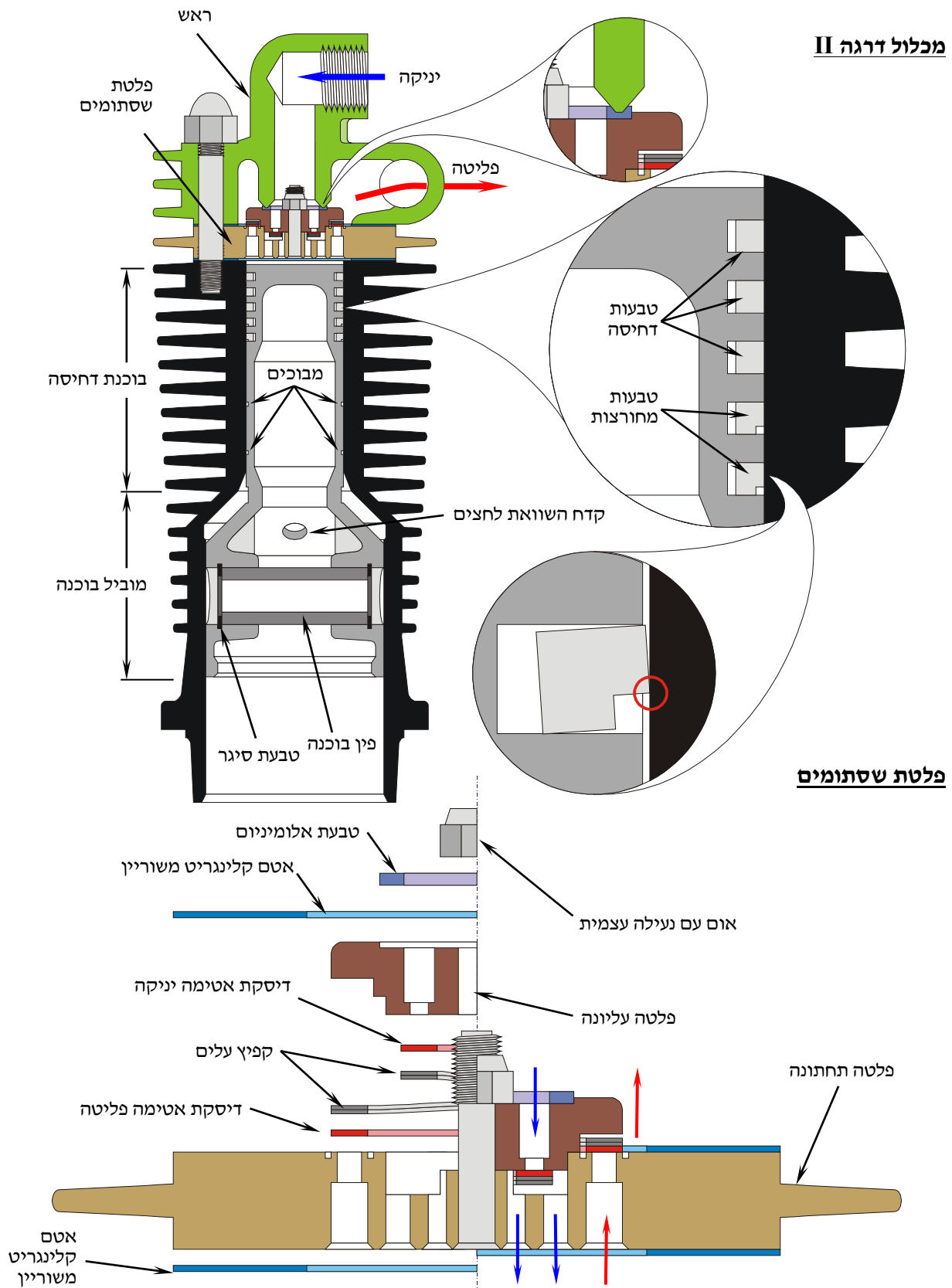
הראש מהודק עם שישה גוזיונים, והוא גם מהדק את פלטת השסתומים שנמצאת בינו לבין הצילינדר. פלטת השסתומים נאטמת עם אטמי קלינגריט משוריינים בין הפלטה לראש ובין הפלטה לצילינדר. כמו כן המחיצה שמפרידה בין חלל היניקה לחלל הפליטה בראש נאטמת כנגד פלטת השסתומים עם טבעת אלומיניום רכה. למחיצה יש חתך משולש שננעץ בחומר הרך של הטבעת, ולכן בכל פתיחת ראש חייבים להחליף טבעת זו. שסתום הבטחון של דרגה I מתברג לחלל הפליטה של הראש. השסתום אטום כלפי הראש בטבעת נחושת.

8.4.1.6 דרגה II – צילינדר, בוכנה וראש

באופן כללי מכלולי דרגה II (ראש, אטימות, פלטת שסתומים, צילינדר) דומים במבנה ובחומרים לדרגה ראשונה. השוני העיקרי הוא בבוכנה. מכיוון שדרגה II דוחסת אוויר שכבר נדחס בדרגה ראשונה, אז נפח הצילינדר קטן פי 6.25 מנפח הצילינדר של דרגה I. כל הטלטלים יושבים על פין ארכובה משותף, ולכן מהלך הבוכנה הוא זהה (46 מ"מ) לכל הדרגות. ההבדל בנפח בא לידי ביטוי בקוטר צילינדר יותר קטן, 95 מ"מ לעומת 38 מ"מ. בוכנה בקוטר כזה קטן לא יכולה להכיל את הקצה העליון של הטלטל. לכן החלק התחתון של הבוכנה מתרחב ע"מ לאפשר חיבור לטלטל. חלק זה נקרא "מוביל", ראה שרטוט 8.

הבוכנה יצוקה מברזל אפור כחלק אחד שכולל את בוכנת הדחיסה ואת המוביל. גם לצילינדר יש שני קטרים שמתאימים לבוכנת הדחיסה והמוביל. בחלק העליון הקוני של המוביל ישנם שני קדחים להשוואת לחצים. קדחים אלו מונעים דחיסת אוויר מעל המוביל. פין הבוכנה מחובר למוביל עם שתי טבעות סיגר, והמחטים של מיסב הטלטל העליון רצים ישר על הפין, ממש כמו בדרגה I. לבוכנת הדחיסה יש סה"כ חמש טבעות. שלוש הטבעות העליונות הן טבעות דחיסה מלבניות, ושתי הטבעות התחתונות הן טבעות מחורצות שגם אוטמות וגם גורפות שמן. מתחת לטבעות יש שני חריצים שמשמשים כמבוכים לשיפור האטימה.

בדומה לדרגה ראשונה, הצילינדר עשוי מיציקת ברזל אפור עם צלעות קירור, והקדח הפנימי עבר הונית. הראש עשוי מאלומיניום והוא אטום בהיקפו באטם קלינגריט משורייני, וטבעת אלומיניום רכה אוטמת בין היניקה והפליטה. לפלטת השסתומים מבנה דומה לדרגה I, רק בקוטר יותר קטן. הפלטה מהודקת בין הראש לצילינדר עם אטם קלינגריט משורייני.



שרטוט 9 ; צילינדר- בוכנה- ראש ופלטת שסתומים דרגה II

8.4.1.7 דרגה III – צילינדר, בוכנה וראש

למכלולי דרגה III מבנה שונה מדרגות I, II, ראה שרטוט 9. הבוכנה עשויה משני חלקים: מוביל מברזל יצוק, ובוכנת דחיסה מפלדת כרום. בדומה לדרגות I, II, פין הבוכנה מקובע במוביל בעזרת טבעות סיגר. כמו כן יש במוביל קדחים לשחרור לחץ מעל החלק הקוני. המוביל מהודק לבוכנת הדחיסה ע"י הברגה בקצה התחתון של בוכנת הדחיסה ואום. האום מאובטחת בפחית אבטחה, וכן יש פין מיקום שמונע סיבוב יחסי בין המוביל לבוכנת הדחיסה.

בוכנת הדחיסה נאטמת בעשר טבעות דחיסה מלבניות שמסודרות בזוגות. טבעות הדחיסה מושחלות על הבוכנה מהקצה העליון, ביחד עם טבעות מרווח. ישנן טבעות מרווח חיצוניות שמפרידות בין זוגות טבעות הדחיסה, ויש טבעות פנימיות שמונעות לחץ צירי על טבעות הדחיסה. כתר הבוכנה הוא אום כיפה מאובטח שמהדק את כל מכלול הטבעות לבוכנה. שימו לב שלטבעת המרווח התחתונה יש פאזה קונית שפונה כלפי מטה. בנוסף לטבעות הדחיסה, יש מבוך של ארבעה חריצים על בוכנת הדחיסה מתחת לטבעות.

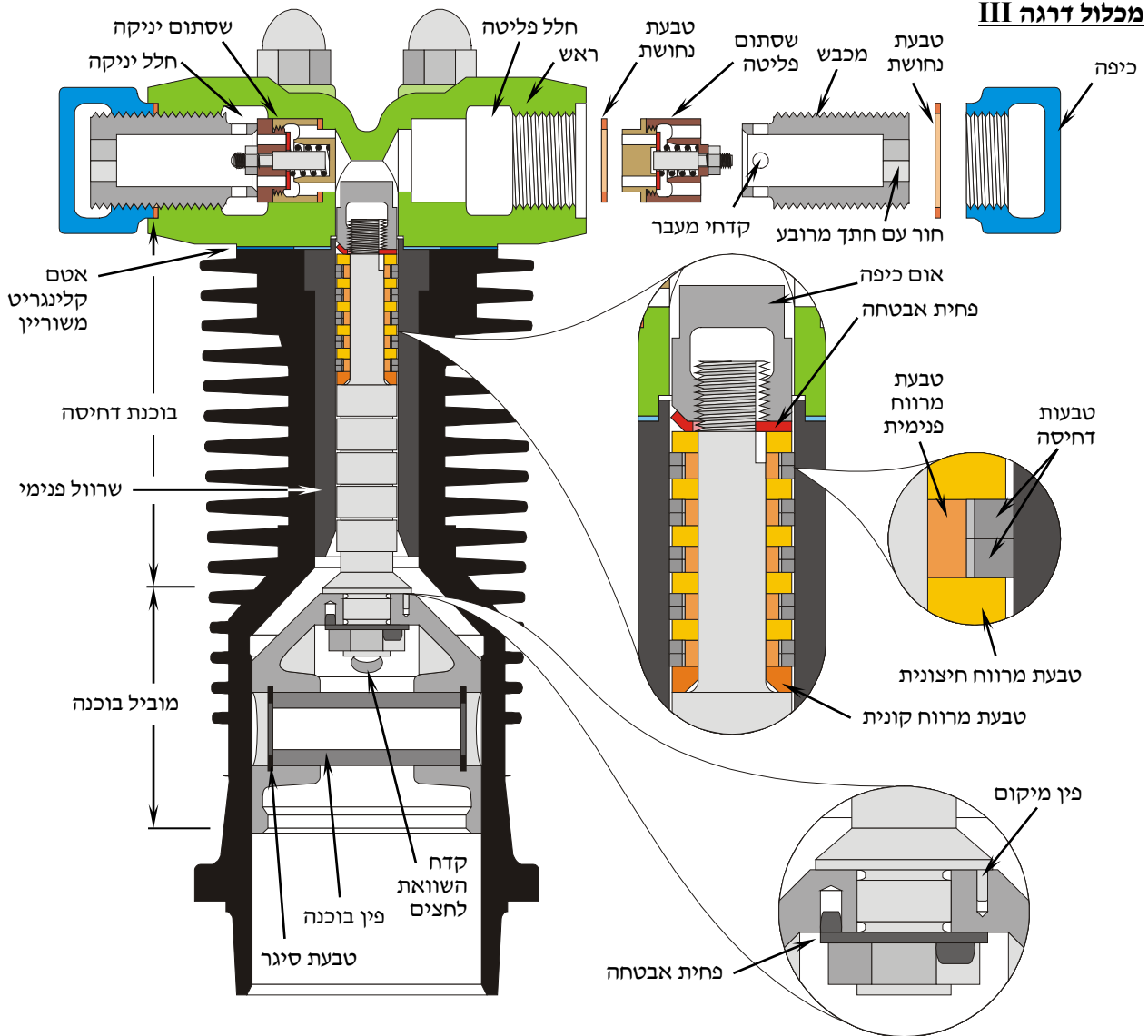
בדומה לדרגה II, לצילינדר יש שני קטרים שמתאימים למוביל ולבוכנת הדחיסה, אלא שיש שרוול פנימי מיוחד בשביל בוכנת הדחיסה. שרוול זה עשוי מיציקת ברזל אפור עמיד במיוחד שעומד בלחצים והטמפרטורות הגבוהות בדרגה III, וכן בשחיקה המוגברת שעשר טבעות דחיסה יוצרות.

הראש של דרגה III כולל שסתומי יניקה ופליטה נפרדים שמורכבים מהצדדים. שסתום היניקה מזוהה ע"י הכיתוב SAUG או S שמוטבעים עליו, ואילו על שסתום הפליטה מוטבע DRUCK או D. במקרה של חוסר וודאות, תמיד ניתן לזהות את שסתום היניקה ע"י זה שיש לו קדחים שהם חצי חתוכים ע"י המדרגה שבבית השסתום. כאשר הבוכנה נמצאת בנקודה מתה עליונה (נמ"ע), הכתר שלה (אום הכיפה) בולט מעבר לצילינדר וחודר לתוך חלל הראש. הדבר מקטין את החלל המת של אוויר שלא נפלט במהלך הדחיסה, ובכך גדלה נצילות המדחס. הראש מהודק לצילינדר בארבעה גוזיזנים, ונאטם באטם קלינגריט משוריין.

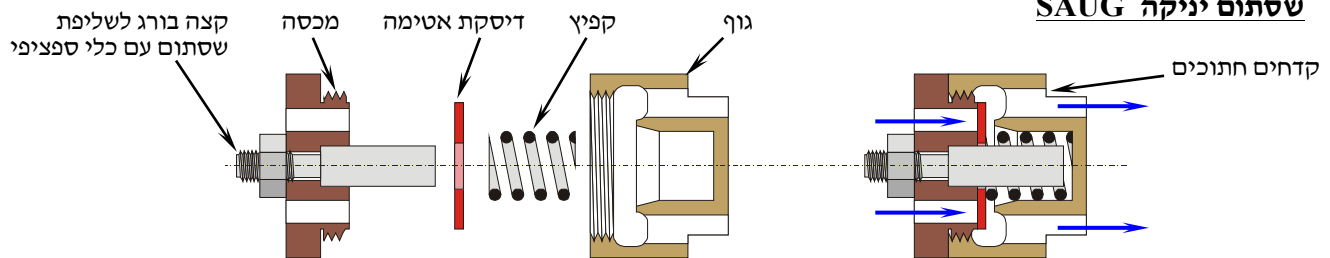
כל שסתום מהודק לראש בעזרת מכבש מתברג, ויש טבעת נחושת שאוטמת בין השסתום לחלל הראש. המכבש חלול ויש בו קדחים שמאפשרים מעבר אוויר מהשסתום לחלל היניקה/פליטה של הראש. צנרת היניקה/פליטה החיצונית מקושרת לחללים אלו. בקצה החיצוני של המכבש יש חור עם חתך מרובע שמאפשר את הידוקו עם כלי ספציפי, וקצה זה נסגר ע"י כיפה עם טבעת נחושת לאטימה.

פרוק שסתום מתבצע ע"י פרוק הכיפה והמכבש, ואז ניתן לשלוף את השסתום עם כלי ספציפי שנראה כמו צינורית עם הברגה פנימית בקצה. מברגים את הצינורית על קצה בורג שבולט מהשסתום, ואז ניתן לשלוף אותו. אם זה לא עובד, אז אפשר לפרק את השסתום השני, לוודא שהבוכנה לא בנמ"ע, ולדחוף את השסתום התקוע דרך הקדח של השסתום שכבר בחוץ. אם שני השסתומים תקועים, אז צריך לפרק את הראש מהמדחס, ואז לפרק את השסתומים. בזמן הפרוק חשוב להוציא את טבעת הנחושת הפנימית שאוטמת בין השסתום לראש.

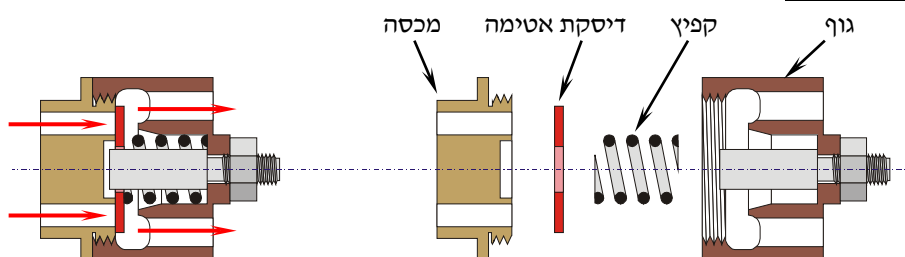
מכלול דרגה III



שסתום יניקה SAUG



שסתום פליטה DRUCK



שרטוט :; צילינדר- בוכנה- ראש ושסתומים דרגה III

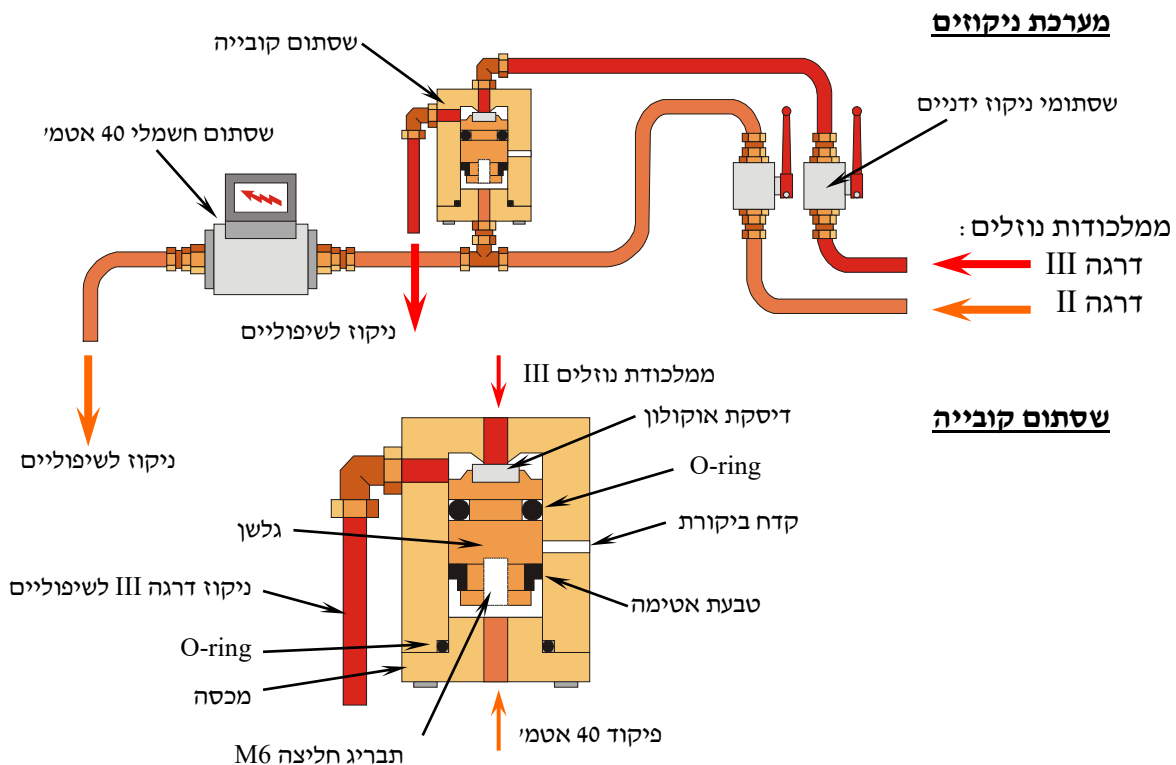
השסתומים עצמם הם שסתומים אל-חוזרים בכיוונים המתאימים – יניקה לתוך הראש, ופליטה החוצה מהראש. כל שסתום מורכב מבית ומכסה שבתוכם יש כוש שעליו מחליקה דיסקת אטימה שמהודקת בקפיץ. האטימה היא אטימת שטח בין הדיסקה והתושבת בגוף השסתום. אוויר שזורם בכיוון הנכון מרים את הדיסקה מהתושבת כנגד הקפיץ, ועוקף את הדיסקה בהיקפה. לחץ בכיוון ההפוך רק עוזר לקפיץ לאטום את הדיסקה על התושבת.

8.4.1.8 מערכת ניקוזים אוטומטית

למדחס יש מערכת לניקוז אוטומטי של מלכודות הנוזלים. המערכת פועלת במקביל להפעלה האוטומטית של המדחס בהתאם ללחץ האוויר בבקבוקים. המערכת מפעילה את המדחס כאשר הלחץ יורד מ- 100 אטמ' ומפסיקה אותו כאשר הלחץ מגיע ל- 150 אטמ'. הניקוזים האוטומטים פועלים לפי המשטר הבא:

מצב מדחס	פעולת ניקוזים
מדחס מדומם	ניקוזים פתוחים
הנעת מדחס	ניקוזים פתוחים במהלך 8 שניות לאחר התנע ע"מ לאפשר התנעה ללא לחץ דחיסה להפחתת העומס על המנוע החשמלי
מדחס פועל	כל 20 דקות הניקוזים נפתחים במשך 8 שניות ע"מ לנקז נוזלים שהצטברו במלכודות
הדממת מדחס	כ-90 שניות לפני שהמדחס מדומם הניקוזים נפתחים ע"מ לנקז נוזלים, ולאפשר למדחס לעבוד ללא עומס בזמן שהמניפה שלו מקררת אותו

חשוב לציין ששסתומי הניקוז הידניים נמצאים בטור ולפני מערכת הניקוז האוטומטית, ולכן הם חייבים להיות פתוחים ע"מ שהמערכת תפעל. תאור של המערכת מופיע בשרטוט 10.

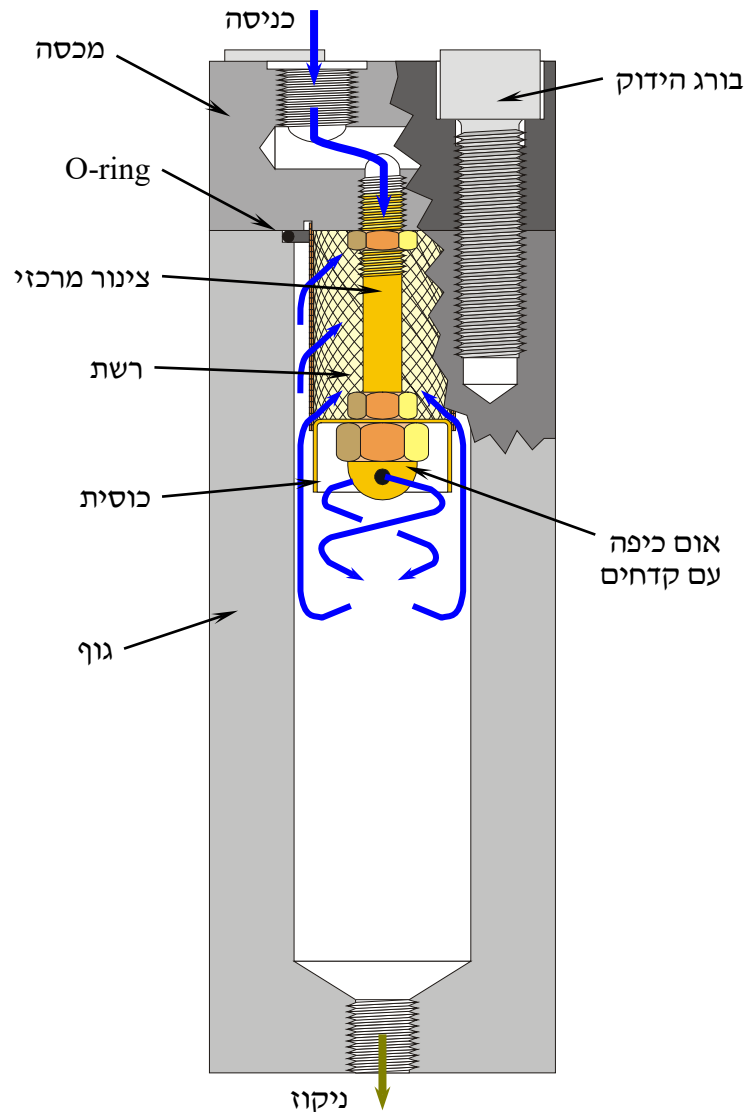


שרטוט 21; מערכת ניקוזים אוטומטית במדחס

במערכת ניקוזים אוטומטית ישנם שני שסתומים. שסתום בפיקוד חשמלי שולט על קו ניקוז מדרגה II, ושסתום בפיקוד פנאומטי, הנקרא שסתום קובייה, שולט על קו הניקוז מדרגה III. שני השסתומים פתוחים במצב ללא פיקוד, כלומר הם Normally Open (NO). כאשר המערכת נותנת פקודה לסגור את הניקוזים, היא נותנת מתח לסולנואיד של השסתום החשמלי וגורמת לו להסגר. לחץ נבנה בקו הניקוז של דרגה II עד לשסתום החשמלי. מקו זה יש התפצלות לפיקוד על שסתום הקובייה. ברגע שנבנה לחץ בקו ניקוז דרגה II, הוא גורם לשסתום הקובייה להסגר ולאטום את קו הניקוז מדרגה III. הפסקת המתח לשסתום החשמלי גורמת לו להיפתח ולשחרר לחץ מקו ניקוז דרגה II. כך גם משוחרר הלחץ שפיקד על שסתום הקובייה להסגר, וקו ניקוז דרגה III גם מתנקז. לשסתום הקובייה יש מבנה מיוחד שמאפשר לאוויר מדרגה II בלחץ של 40 אטמ' לפקד על אוויר מדרגה III שיכול להגיע ללחץ 230 אטמ'. בשסתום יש גלשן. מצד אחד מגיע אליו אוויר פיקוד מדרגה II, ומהצד השני הוא חוסם את הניקוז של דרגה III. השסתום פועל על הפרשי שטחים. האוויר מדרגה III לוחץ על שטח קטן, קדח שהגלשן חוסם אותו עם דיסקת אוקולון לאטימה. האוויר מדרגה II לוחץ על הקוטר המלא של הגלשן, ונאטם ע"י טבעת אטימה מגומי עם חתך מיוחד. בנוסף יש O-ring באמצע הגלשן שמונע מאוויר מדרגה III להגיע לדרגה II ברגע שהשסתום פתוח. קדח הביקורת מראה אם יש דליפה של אוויר מדרגה II מעבר לטבעת האטימה המיוחדת. לשסתום מכסה שנאטם ב-O-ring שמאפשר גישה לגלשן. לגלשן יש תבריג M6 לחליצה במקרה שהוא תקוע. הגלשן וגוף השסתום עשויים מפלז.

8.4.1.9 מלכודות נוזלים

בזמן הדחיסה הלחות היחסית של האוויר עולה. האוויר הנדחס דומה לספוג שנשחט, וברגע שהלחות מגיעה לרוויה הנוזלים מתעבים לטיפות. מלכודות הנוזלים של המדחס נועדו להפריד את פרודות הנוזלים מהאוויר, וגם שמן של המדחס שעבר את טבעות הדחיסה, הגיע לחלל הצילינדר ונדחס עם האוויר. יש שתי מלכודות, והן מותקנות אחרי סלילי הקירור של דרגה II ודרגה III בהתאמה. פעולת הקירור בסלילים מאיצה את עיבוי הנוזלים. ישנם שני סוגים של מלכודות נוזלים. לסוג הישן יש צורה עגולה, ולסוג החדש יש צורה מרובעת, אך בשני הדגמים עקרון הפעולה זהה. כמו כן, המבנה הפנימי של המלכודת של דרגה II זהה למבנה הפנימי של המלכודת של דרגה III. הדבר נכון עבור המלכודות של הדגם החדש, וגם עבור הדגם הישן. המלכודות של הדרגות השונות נבדלות בבית החיצוני, שהוא יותר מסיבי עבור דרגה III. חתך של מלכודות נוזלים לדרגה III מהדגם החדש מופיע בשרטוט 11. במכסה של המלכודת יש חיבורים לצינור כניסת האוויר, צינור יציאת האוויר, יציאה לשעון לחץ, וכן קדח להרכבת שסתום הביטחון. בתחתית גוף המלכודת יש יציאה למערכת ניקוזים של המדחס. המכסה מהודק לגוף בארבעה ברגים עם ראש אלן, ונאטם ב-O-ring. המכסה והגוף עשויים מפלדה.



שרטוט 22 ; מלכודת נוזלים III – דגם חדש

אוויר שנכנס למלכודת מהמכסה יורד בצינור המרכזי ומגיע לאום הכיפה. באום יש קדחים ליציאת אוויר. הקדחים מכוונים באלכסון כך שנוצרת תנועת מערבולת של האוויר. הכוח הצנטריפוגלי של האוויר המסתובב זורק את פרודות הנוזלים על דפנות הכוסית וגוף המלכודת. הנוזלים נקווים בתחתית המלכודת, ומנוקזים ע"י מערכת הניקוזים דרך הקדח בתחתית המלכודת. בהמשך, האוויר צריך לחזור למעלה ולעקוף את הכוסית תוך כדי שינוי כיוון של 180° , דבר שמסלק עוד נוזלים מהאוויר. בסוף האוויר עובר דרך רשת סינון מתכתית מהחוץ כלפי פנים. הרשת משפרת את הפרדת הנוזלים. היציאה מהמלכודת לא מופיעה בצורה מפורשת שרטוט 11, אך היא מבוצעת מהחלל הפנימי של הרשת דרך המכסה.

בזמן טיפול במלכודת יש לפתוח אותה ולנקות את הרשת בסולר ולחץ אוויר. אם הרשת פגומה יש להחליפה. הרשת מולחמת לכוסית, וע"מ לפרקה יש לפתוח את אום הכיפה, ולהחליפה קומפלט עם הכוסית. כמו כן, צריך לבדוק שאין פיח בקדחים של האום ובצינור המרכזי. סתימה בצינור/אום תגרום לפריקה של שסתום הבטחון ותמנע מהמחדש לבנות לחץ.

8.4.1.10 שסתומי בטחון

אחרי כל דרגה מותקן שסתום בטחון. שסתום בטחון של דרגה I מותקן על הראש של דרגה I ומקושר לחלל הפליטה בראש. שסתומי הבטחון של דרגות II, III מותקנים על מלכודות הנוזלים של דרגות אלו. במלכודות הנוזלים מהדגם הישן (עגולות) שסתום בטחון II מקושר לצינור הכניסה למלכודת, ואילו שסתום מטחון III מקושר לצינור היציאה מהמלכודת. במלכודות החדשות (מרובעות) שסתומי הבטחון מקושרים לצינור הכניסה. לחצי הפריקה מכוונים כפי שמתואר בטבלה הבאה:

דרגה	לחץ פריקה באטמ'
I	7
II	55
III	245

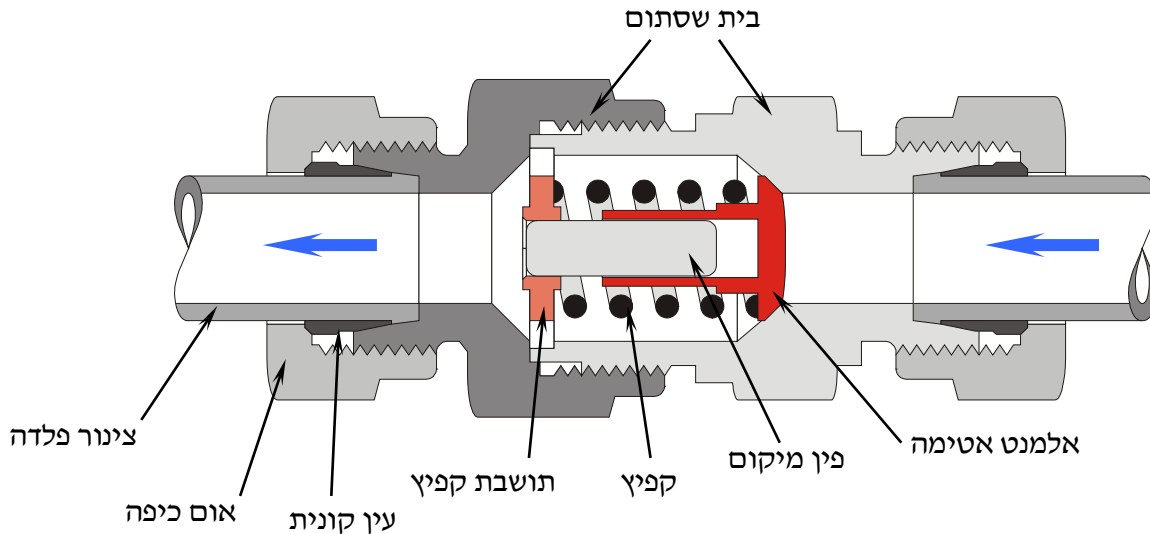
השסתומים כולם עשויים מפלז עם אלמנט אטימה מאוקולון שמהודק עם קפיץ כנגד לחץ האוויר שמגיע מלמטה. לשסתומים יש הברגה בקצה התחתון אשר מאפשרת לחברם למקום המתאים במדחס. האטימה בין השסתום למדחס נעשית בטבעת נחושת רכה. יש תותב מתברג שמאפשר לכוון את לחץ הקפיץ על אלמנט האטימה, ובכך לקבוע את לחץ הפריקה. תותב זה מאובטח בפלומבה – אין לשנות את כיוול השסתום אם הוא פורק, אלא יש לאתר את התקלה במדחס או להחליף את השסתום במידה והוא לא תקין. לשסתומים של דרגה I ו-II יש מבנה זהה, אך הם מכוילים ללחצים שונים בעזרת התותב המתברג.

8.4.1.11 שעוני לחץ

לאחר כל דרגה מותקן שעון לחץ. מכיוון שהמדחס הוא מדחס בוכנתי, אז לחץ האוויר לאחר כל דרגה פועם (בניגוד למשל למדחס בורגי). פעימות לחץ אלו יכולות לגרום לשעון הלחץ לרטוט. ישנן שתי שיטות להתגבר על רטט זה. האחת היא למלא את כל חלל השעון בגליצרין שמשכך את התנודות (גליצרין הוא נוזל בעל צמיגות גבוהה). השיטה השנייה היא להתקין נחיר הצרה בכניסה לצינור שמוביל לשעון הלחץ. נחיר ההצרה גורם לנפח של הצינור לשמש כמיכל רציפות, ובכך לשכך את פעימות הלחץ. במדחסים ישנים מותקנים שעונים רגילים ונחירי הצרה בצינורות. מכיוון שלנחירים יש נטייה להיסתם בפיח, אז במדחסים החדשים יותר מותקנים שעונים ממולאי גליצרין וצינורות ללא נחירי הצרה.

8.4.1.12 שסתום אל-חוזר בפליטה

בפליטה של המדחס מותקן שסתום אל-חוזר שמונע מאוויר בבקבוקים להתנקז דרך הניקוזים הפתוחים של מדחס מדומם. חתך של השסתום מופיע בשרטוט 12.



שרטוט 23 ; שסתום אל-חוזר בפליטה מהמדחס

השסתום מחובר לצנרת הפלדה של קו 150 אטמ' שיוצא מהמדחס. החיבור הוא סטנדרטי, ומבוצע עם אום כיפה שלוחצת עין קונית לתוך בית השסתום. מכיוון שהלחץ בפליטת המדחס פועם, מתקינים את השסתום לפחות 1 מטר מהצינור מהמדחס. הנפח של הצינור מהמדחס עד השסתום סופג את פעימות הלחץ (כמו מיכל רציפות), וכך נמנעות נקישות של השסתום בזמן פעולת המדחס. בית השסתום מורכב משני חצאים מתברגים שכולאים ביניהם את אלמנט האטימה, וכן קפיץ שלוחץ את אלמנט האטימה. הקפיץ נשען על תושבת שיש בה חורים בהיקף שמאפשרים מעבר אוויר. באמצע התושבת יש פין מיקום שאלמנט האטימה יכול להחליק לאורכו. בזמן הרכב השסתום לצנרת יש לשים לב לכיוון החץ שמוטבע על הבית החיצוני. השסתום מתוכנן כך שהפרש לחצים של 1 אטמ' בכיוון הזרימה גורם להתרוממות אלמנט האטימה ומאפשר מעבר אוויר. כמובן שלחץ נגדי לוחץ את אלמנט האטימה לסגירה. האלמנט נאטם כנגד בית השסתום באטימת שטח קונית.

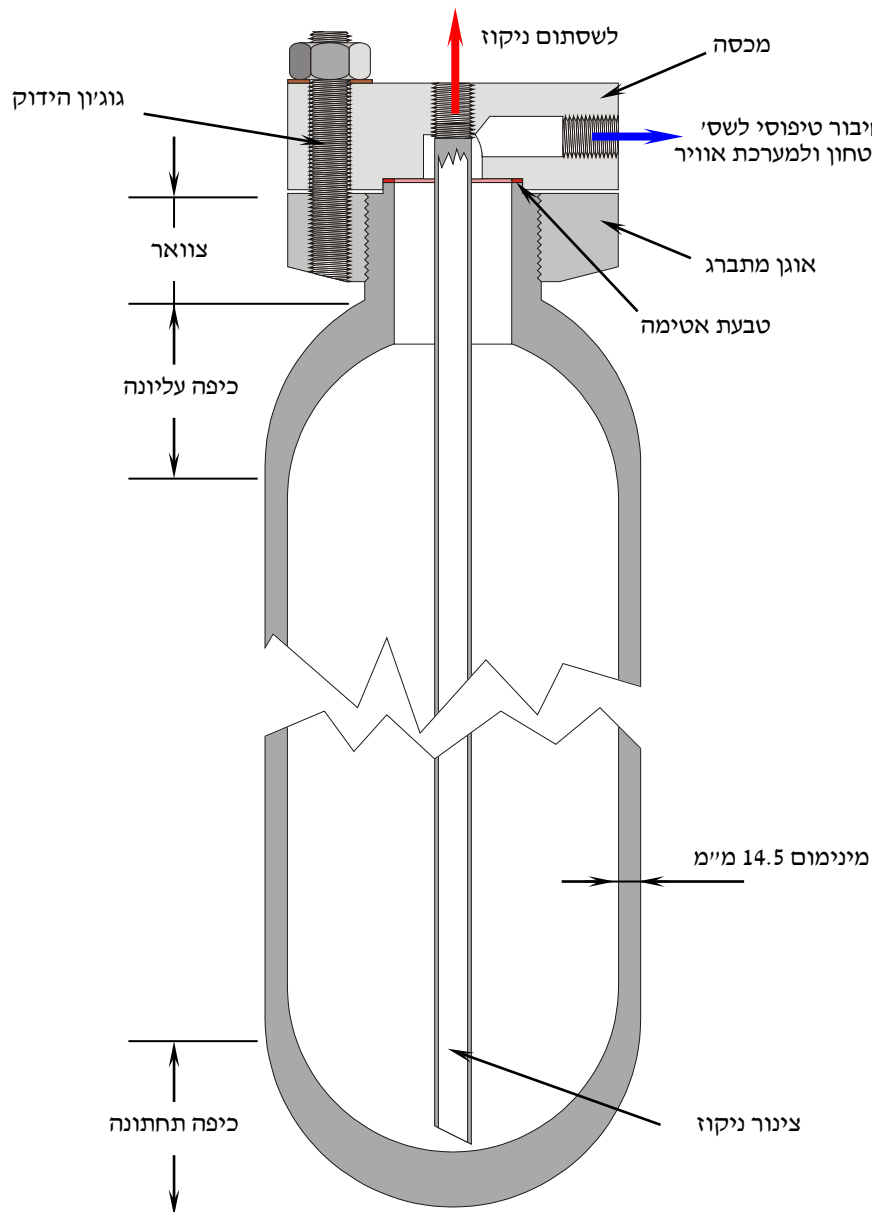
8.4.2 שסתום קוק לאוויר

השסתומים במערכת אוויר דחוס הם שסתומי קוק מתוצרת בוהמר B'hmer בשלושה גדלים. גוף השסתום עשוי מפלדה מצופה קדמיום, הכדור מפל"ם, ותושבות הכדור מפוליאימיד.

8.4.3 בקבוק אוויר

8.4.3.1 מבנה בקבוק

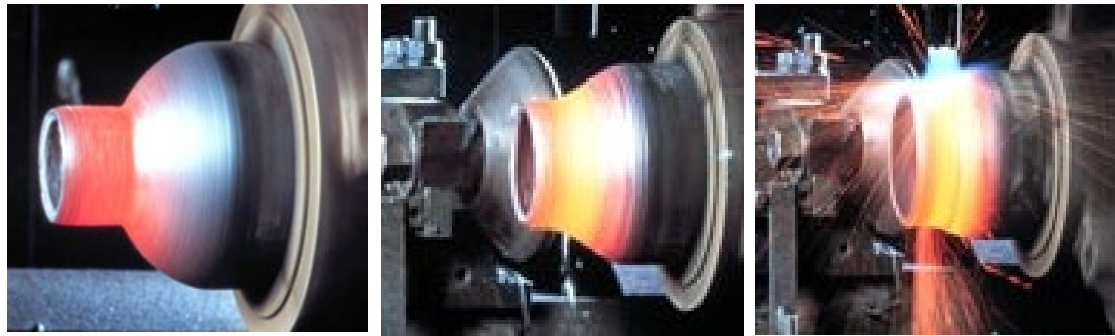
בקבוק האוויר הוא גליל בנפח 50 ליטר עם כיפות מעגלות בקצוות. הבקבוק מיוצר כחלק אחד מפלדה בתהליך משיכה. בכיפה העליונה מורכב מכסה שאליו מתחברת הצנרת של הבקבוק שכוללת חיבור לשסתום כניסה/יציאה למערכת אוויר דחוס, שסתום לניקוז הבקבוק וחיבור לשסתום בטחון. חתך של הבקבוק מופיע בשרטוט 13.



שרטוט 24; בקבוק אוויר

גוף הבקבוק מיוצר מחתיכת פלדה אחת שעברה משיכה ע"מ להביאה לצורתה הסופית. התהליך מתחיל עם גוש פלדה חס שלתוכו לוחצים תותב. בזמן הלחיצה הגוש נתמך בהיקפו, וכך מתקבל גליל חלול שפתוח בקצה אחד. לאחר מכן מחממים את השפה הפתוחה ולוחצים אותה פנימה תוך

כדי סיבוב הבקבוק ע"מ לקבל את הכיפה העליונה ואת צוואר הבקבוק, ראה תמונה 1. בגמר המשיכה הבקבוק עובר חימום להרפיה ושחרור מאמצים. עובי הדופן המינימלי המותר הוא 14.5 מ"מ.



תמונה 2; מימין לשמאל - סגירת כיפה עליונה של בקבוק אוויר דחוס

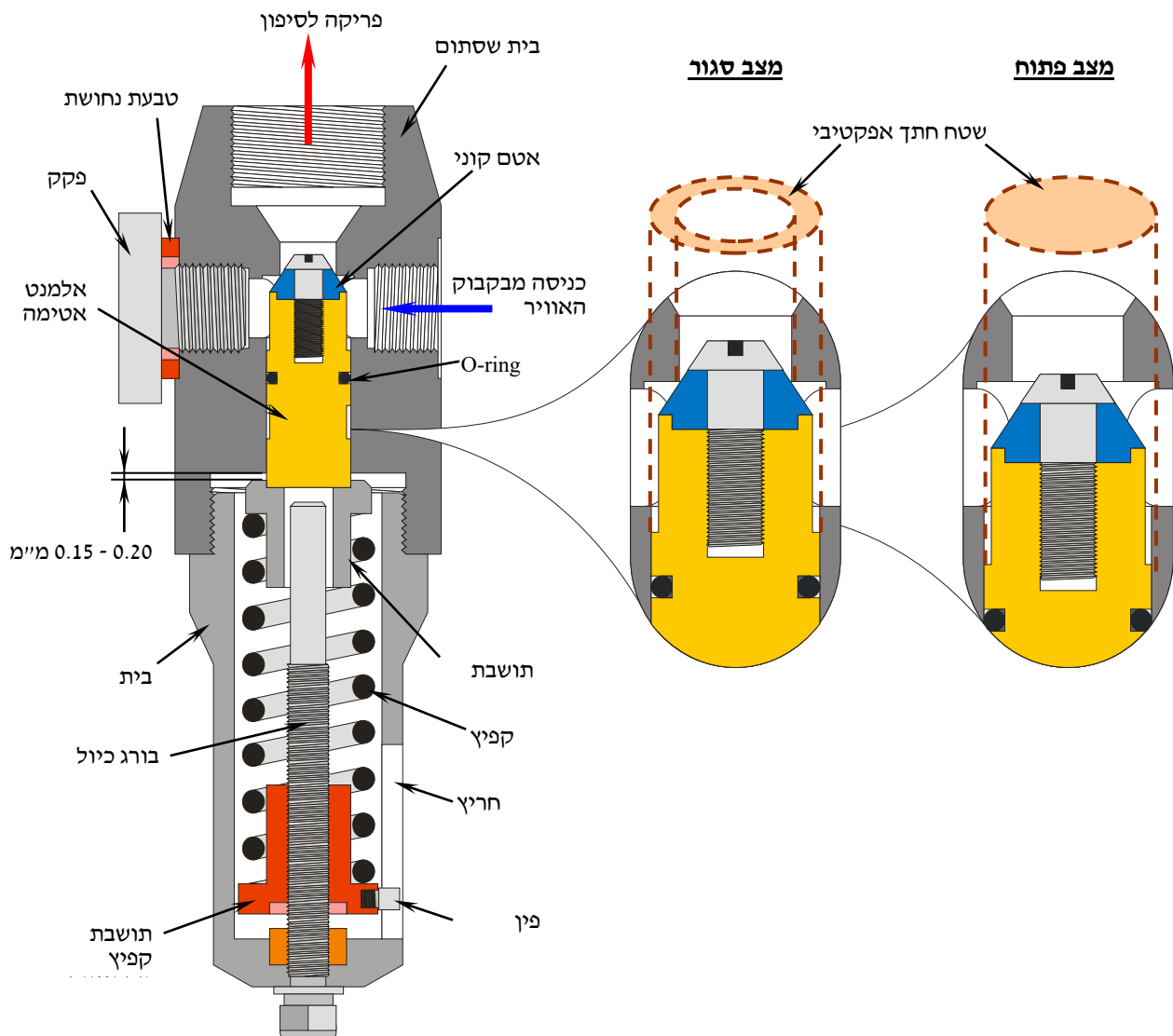
על הצוואר של הבקבוק יש הברגה חיצונית שעליה מוברג האוגן התחתון. לתוך אוגן זה מוברגים שישה גוג'ונים שמהדקים את המכסה שסוגר את הבקבוק. על צוואר הבקבוק יש שפה מורמת שנאטמת כנגד המכסה עם טבעת נחושת. אין מגע בין האוגן למכסה, כך שכל לחץ הידוק המכסה פועל אך ורק על טבעת האטימה.

במרכז המכסה יש קדח אנכי עם הברגה. שסתום הניקוז מתחבר למעלה, ומלמטה מוברג צינור שמגיע לתחתית הבקבוק שנועד לאסוף נוזלים לניקוז. הקצה התחתון של הצינור חתוך באלכסון כך שלא יוכל להיחסם ע"י תחתית הבקבוק. בצדדים של המכסה ישנם קדחים רדיאליים שמקושרים לפני הבקבוק. שסתום הבטחון ושסתום כניסה לבקבוקים מחוברים לקדחים אלו. קדחים שלא בשימוש נחסמים בפקקים.

אחת לארבע שנים מוצאים את הבקבוקים מהספינה לשיפוץ ולבדיקת לחץ ההידרוסטטית. פירוט הבדיקה מופיע בהוראת מצ"ד מ-002. באופן כללי הבדיקה מבוצעת ע"י מלוי הבקבוק במים, דחיסה ללחץ שהוא פי 1.6 יותר מלחץ העבודה המותר ושחרור הלחץ. לאחר מכן מודדים את אחוז העיוות הקבוע שנשאר לאחר שחרור הלחץ. העיוות נמדד כשינוי הקבוע בנפח המים במיכל לפני ואחרי דחיסה ללחץ הבדיקה. שינוי של מעל 5% פוסל את הבקבוק. ההסיבה לשימוש במים היא שנוזלים הם בלתי דחיסים, ולכן במקרה של כשל הבקבוק, נפח קטן של נוזל נפלט בלחץ עד להשוואת לחצים עם האטמוספירה, לעומת פליטה של אלפי ליטרים של אוויר דחוס במקרה של דחיסת אוויר לבקבוק. כמו כן דחיסה של מים מאפשרת למדוד את שינוי הנפח של הבקבוק בצורה פשוטה וקלה. תוקף הבדיקה מוטבע על הכיפה העליונה של הבקבוק לפני ביצוע בדיקת הלחץ ע"מ שהבדיקה תוודא שההטבעה לא פגעה בחוזק המכני של הבקבוק. בנוסף לבדיקה ההידרוסטטית, הבקבוקים נבדקים לקורוזיה, סדקים ופגיעות מכניות.

8.4.3.2 שסתום בטחון בקבוק אוויר

שסתום הבטחון של הבקבוק מהווה קו הגנה אחרון במקרה של שריפה שבה לא נוקז הבקבוק לסיפון. במקרה שהבקבוק יתחמם והלחץ יעלה על 250 אטמ', השסתום יפרוק את עודף הלחץ לסיפון. חתך של השסתום מופיע בשרטוט 14.



שרטוט 25; שסתום בטחון בקבוק אוויר דחוס

הכניסה לשסתום מהבקבוק היא מהצד, והשסתום פורק את עודפי לחץ כלפי מעלה. מול הכניסה יש קדח שלא בשימוש והוא נאטם בפקק עם טבעת נחושת. לשסתום הבטחון יש אלמנט אטימה שמחליק בקדח בבית השסתום ונלחץ לסגירה כלפי מעלה ע"י קפיץ. האלמנט אוטם בין הכניסה ליציאה עם אטם קוני שנלחץ ישירות כנגד גוף השסתום. האטם הקוני מחובר לאלמנט בבורג. אלמנט האטימה אטום כלפי הקדח בבית השסתום ב-O-ring. במקרה של כשל האטם הקוני נבחין ביציאת אוויר מצינור הפריקה המשותף של השסתומים בסיפון. ההבחנה בשסתום שכשל מבין זוג השסתומים היא ע"י נגיעה בגוף השסתומים. השסתום הדולף יהיה קר יותר, שכן מפל הלחץ במעבר מהבקבוק לאטמוספירה גורם לאוויר להתקרר. כשל ב-O-ring יגרום ליציאת אוויר מכיוון בית הקפיץ.

הקפיץ לוחץ על האלמנט בעזרת תושבת הקפיץ העליונה. נשים לב שחייב להישאר מרווח של 0.20 - 0.15 מ"מ בין תושבת הקפיץ לגוף השסתום, וזאת ע"מ שהקפיץ יפעיל את הלחץ על אלמנט האטימה ולא ישען על בית השסתום. בקצה השני של הקפיץ יש תושבת מתכווננת. תושבת זו מוברגת על בורג הכיול. כאשר מסובבים את בורג הכיול הוא רק מסתובב ולא מבצע תנועה צירית, ואילו התושבת נעה בכיוון צירי וכך נקבע הלחץ הראשוני של הקפיץ. לתושבת יש פין מיקום שמחליק בחריץ בבית הקפיץ. פין זה מונע מהתושבת להסתובב סביב בורג הכיול. מיותר לציין שאין לנסות לכייל את השסתום בספינה, שכן זהו פריט בטיחות, והוא מצריך מכשירים מתאימים לכיול.

השסתום מתוכנן כך שברגע שהוא נפתח כתוצאה מעודף לחץ הוא ימשיך להישאר פתוח גם מתחת ללחץ שגרם לו להיפתח, וכך ישחרר כמות גדולה יותר של אוויר. תכונה זו מיושמת באופן הבא. בשסתומי בטחון רגילים, הכניסה היא בד"כ מול האלמנט, ישירות כנגד הקפיץ. לעומת זאת, בשסתום זה הכניסה היא מהצד של האלמנט. לכן, כאשר השסתום סגור, לחץ האוויר פועל על שטח אפקטיבי בצורת טבעת. הקוטר החיצוני של הטבעת הוא כקוטר הקדח בבית השסתום שבו מחליק אלמנט האטימה (כלומר כמו קוטר ה-O-ring). הקוטר פנימי של הטבעת הוא הקוטר של הקדח שעליו נשען האטם הקוני של האלמנט. ברגע שהאלמנט נפתח כתוצאה מעודף לחץ גבוה, אז הלחץ פועל על שטח חתך אפקטיבי גדול יותר שנובע מהקוטר המלא של אלמנט האטימה. בצורה זאת, הכוח שלחץ האוויר מפעיל כנגד הקפיץ גדל, שכן הכוח הוא מכפלת לחץ האוויר בשטח החתך האפקטיבי.

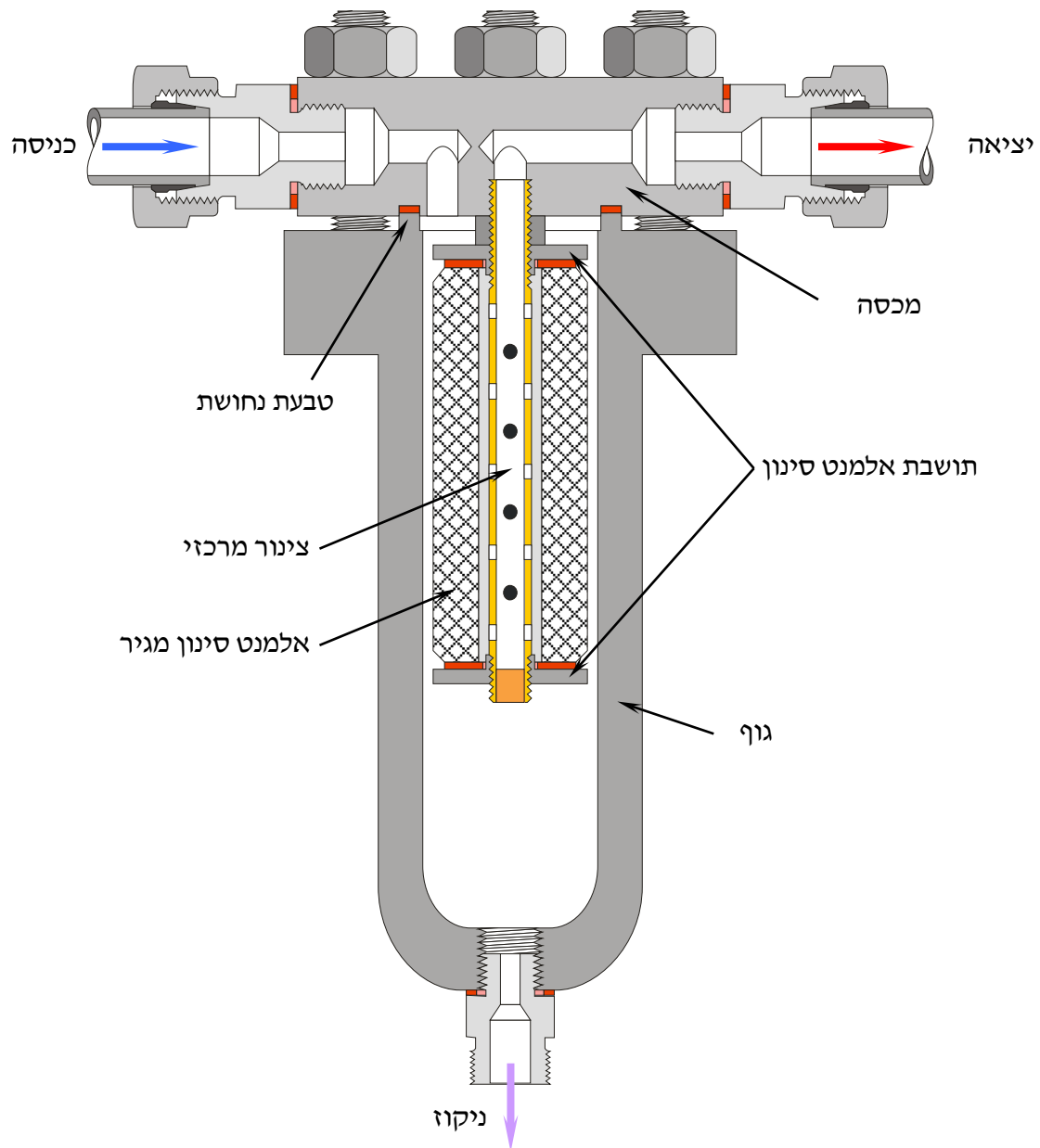
8.4.4 מסן כניסה לפנל

במהלך הדחיסה האוויר עובר דרך שתי מלכודות הנוזלים של המדחס, וגם הנוזלים שהצטברו בבקבוקים מנוקזים. למרות זאת, האוויר עובר סינון נוסף לפני הכניסה לפנל אוויר וחלוקה לצרכנים. מסנן הכניסה לפנל יושב בכניסה לפנל ומסנן את שאריות הנוזלים שנשארו באוויר הדחוס, וכן לכלוך שהוא ברובו חלקיקי חלודה וצבע מהבקבוקים והצנרת.

למסנן יש אלמנט סינון מגיר דחוס. האוויר עובר דרך האלמנט מההיקף לכיוון המרכז. הגיר סופח אליו את הנוזלים שבאוויר, והם נקווים בתחתית בית המסנן. שסתום ניקוז בתחתית בית המסנן מאפשר לנקז את הנוזלים שהצטברו. חתך של המסנן מופיע בשרטוט 15.

המסנן בנוי מגוף עם מכסה. כניסת ויציאת האוויר הן דרך המכסה. פתח הכניסה מקושר לקדח במכסה שמוביל לתחתית המכסה ומשם לחלל הפנימי של גוף המסנן. האוויר נכנס לגוף המסנן בהיקף אלמנט הסינון, חודר דרכו ומגיע לצינור המרכזי. בצינור המרכזי יש קדחים שמאפשרים לאוויר להיכנס לצינור ולזרום כלפי מעלה. הצינור מחובר לקדח מרכזי בתחתית המכסה שמוביל ליציאה מהמסנן.

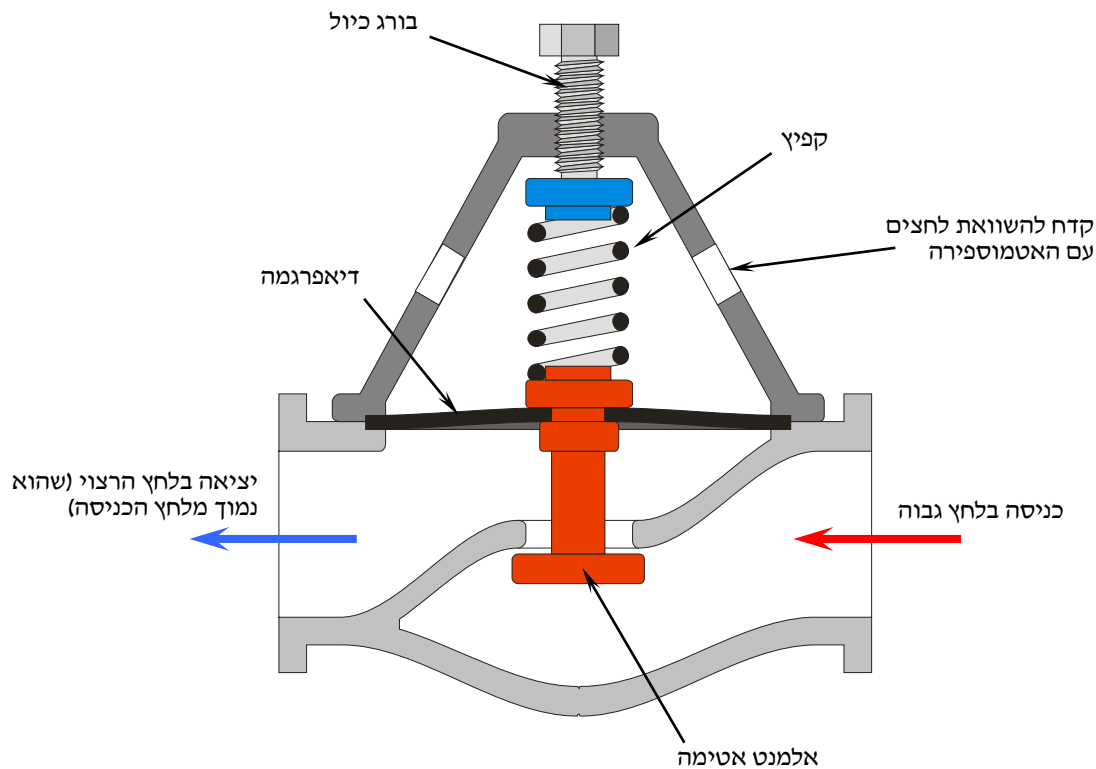
הגוף והמכסה עשויים מפלדה. המכסה מהודק לגוף בשישה גוג'ונים. בדומה לבקבוק אוויר, לגוף יש שפה מורמת שנאטמת כנגד המכסה עם טבעת נחושת. אין מגע בין הגוף למכסה, כך שכל לחץ הידוק המכסה פועל אך ורק על טבעת האטימה. הצינור המרכזי מתברג לקדח בתחתית המכסה. כמו כן, יש לצינור הברגות שתופסות את התושבות של אלמנט הסינון, כך שכל המכלול של אלמנט הסינון והצינור המרכזי מחוברים למכסה, ללא מגע עם גוף המסנן.



שרטוט 26; מסק כניסה לפנל אוויר

8.4.5 עקרון פעולה של מפחית לחץ

בספינה מפחיתי לחץ רבים שמשמשים להפחתת לחץ של אוויר ונוזלים, אך לכולם עקרון פעולה דומה. מפחיתי לחץ לאוויר נמצאים במערכת אוויר דחוס של הספינה, במכשירי נשימה מסוג דרגר (Dräger), ובציוד צלילה. מפחיתי לחץ לנוזלים מצויים בקו כיבוי אש. מפחית הלחץ לוקח אוויר או נוזל בלחץ כלשהו ומפחית את הלחץ שלו ללחץ נתון. כמובן שאם הלחץ בכניסה נמוך מהלחץ הרצוי ביציאה, אז המפחית לא יכול להגביר את הלחץ ללחץ הרצוי. מפחית הלחץ הוא בעצם שסתום עם וויסות עצמי שדוגם את הלחץ ביציאה ומתקן בהתאם. אם הלחץ ביציאה גבוה מהלחץ הרצוי, אז השסתום נסגר קצת, ואם הלחץ ביציאה נמוך מהרצוי, אז השסתום נפתח קצת. מבנה עקרוני של מפחית לחץ מתואר בשרטוט 16.



שרטוט 27; עקרון פעולה של מפחית לחץ

למפחית הלחץ יש אלמנט אטימה אשר תנועתו מבוקרת ע"י דיאפרגמה גמישה (בד"כ היא עשויה מגומי). על הדיאפרגמה פעולים שני כוחות. האחד הוא הפרש הלחצים בין הלחץ בחלל היציאה מהמפחית ללחץ האטמוספרי. כוח זה דוחף את הדיאפרגמה כלפי מעלה וגורם לסגירת אלמנט האטימה. הכוח שני הוא כוח הקפיץ אשר דוחף את הדיאפרגמה כלפי מטה וגורם לפתיחת אלמנט האטימה. שיווי המשקל בין שני כוחות אלה מווסת את מידת הפתיחה של אלמנט האטימה. כאשר הלחץ ביציאה נמוך מהרצוי, אז כוח הקפיץ גדול מהלחץ על הדיאפרגמה, ואז היא נעה כלפי מטה ופותחת את אלמנט האטימה. פתיחת האלמנט מאפשרת מעבר של יותר אוויר/נוזל מהכניסה לצד של היציאה, וכתוצאה מכך הלחץ ביציאה עולה. במידה והלחץ ביציאה גבוה מידי, אז עודף הלחץ מתגבר על כוח הקפיץ, הדיאפרגמה עולה וסוגרת קצת את האלמנט, והדבר מוריד את הלחץ ביציאה.

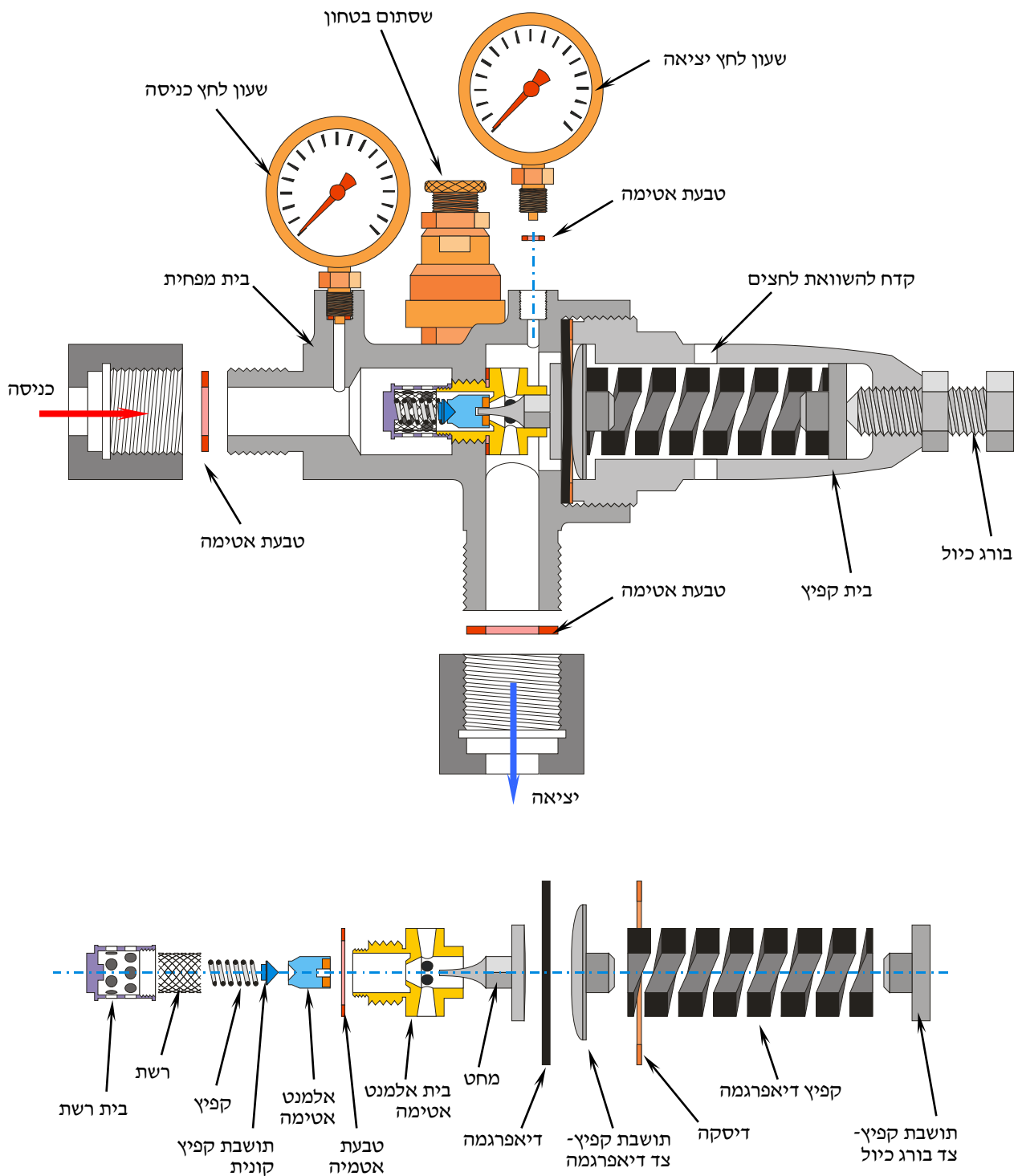
את הלחץ הראשוני של הקפיץ ניתן לכוון עם בורג. כיוול זה קובע את נקודת שיווי המשקל בין הלחץ על הדיאפרגמה וכוח הקפיץ, וכך נקבע הלחץ הרצוי ביציאה. בנוסף נשים לב שהצד החיצוני של הדיאפרגמה תמיד מקושר לאטמוספירה ע"מ שיהיה לחץ יחוס קבוע על צד זה של הדיאפרגמה. ישנה נקודה חשובה נוספת שכדאי להבין. מפל הלחץ במעבר האוויר/נוזל דרך אלמנט האטימה תלוי בשני דברים. הראשון הוא מידת הפתיחה של האלמנט (כלומר המרחק שהאלמנט התרחק מהתושבת שלו). הדבר השני שקובע את מפל הלחץ הוא ספיקת הזרימה דרך המפחית שנקבעת ע"י כמות וסוג הצרכנים שבהמשך למפחית. ברור שככל שהאלמנט יותר פתוח אז מפל הלחץ על האלמנט קטן יותר, כלומר הלחץ ביציאה מהמפחית גבוה יותר. מצד שני, עבור מצב פתיחה נתון וקבוע של האלמנט, ככל שספיקת הזרימה דרך המפחית גדולה, אז מפל הלחץ גדל, כלומר הלחץ ביציאה יותר נמוך, וזאת משום שהפסדי הזרימה גדלים ככל שהספיקה גדלה. מבחינה תאורטית, אם הספיקה הייתה קבועה, היינו יכולים לכוון את מצב אלמנט האטימה פעם אחת ולקבע אותו, ואז היינו מקבלים את הפחתת הלחץ הרצויה. במציאות הספיקה כל הזמן משתנה, ולכן מפחית הלחץ צריך את מנגנון הבקרה העצמית ע"מ לווסת את מידת פתיחת האלמנט. לכן, כאשר יש זרימה בספיקה גבוהה האלמנט הוא יחסית פתוח לעומת מצב של זרימה בספיקה נמוכה, וזאת למרות שבשני המקרים הלחץ ביציאה נשמר על אותה רמה.

המקרה הקיצוני הוא כאשר אין זרימה כלל דרך המפחית, כלומר כל הצרכנים סגורים. במצב זה המפחית צריך להישאר לגמרי סגור, אחרת יעבור לחץ גבוה מידי לצרכנים. במפחית לחץ של נוזלים הבעיה יותר חריפה בגלל אי-דחיסותם של הנוזלים. מספיק מעבר של כמות נוזלים קטנה דרך המפחית ע"מ שהלחץ ביציאה ישתווה ללחץ הכניסה. לכן אם יש פגיעה קטנה באלמנט האטימה שמונעת ממנו לאטום בצורה מושלמת במצב סגור, נוזלים יעברו ליציאה והלחץ הגבוה בכניסה יעבור לצד של היציאה. הפגיעה באלמנט האטימה לא פוגעת בתפקוד המפחית במצב של זרימה, כי כאשר יש זרימה אז האלמנט פתוח במידה זו או אחרת.

הדוגמה הטיפוסית למצב זה הוא מפחית הלחץ של יחידת הקירור של מערכת ליפתן פירות, ה-CLU. המערכת מוזנת מקו כיבוי אש דרך מפחית לחץ. כאשר המערכת מודממת אז נסגר שסתום חשמלי בכניסה למערכת. שסתום זה נמצא אחרי מפחית הלחץ. כך נוצר מצב של חוסר זרימה דרך המפחית. בעקבות בלאי טבעי של אלמנט האטימה של המפחית, האטימה במצב סגור אינה מושלמת, ולאט לאט הלחץ ביציאה משתווה ללחץ המלא של קו כיבוי אש. קטע הצנרת בין המפחית ליחידת ה-CLU הוא צנרת גומי שלא מתוכננת לעמוד בלחץ המלא של קו כ"א. כתוצאה מהלחץ הגבוה הצנרת יכולה להיפרץ, וכתוצאה מכך המדור מוצף במים מקו כ"א, בספיקה של עשרות טונות מי-ים בשעה. לכן חשוב לסגור את השסתום המפריד בכניסה למפחית הלחץ בכל פעם שהמערכת מודממת.

8.4.6 מפחית לחץ 150/40

מפחית לחץ 150/40 אטמ' פועל עפ"י העקרונות שפורטו בסעיף הקודם. מפחית זה מסוגל לספק אוויר בלחץ 40 אטמ' בספיקות גבוהות לצורך הנעת מנועים. חתך של המפחית מופיע בשרטוט 17



שרטוט 28 ; מפחית לחץ 261051

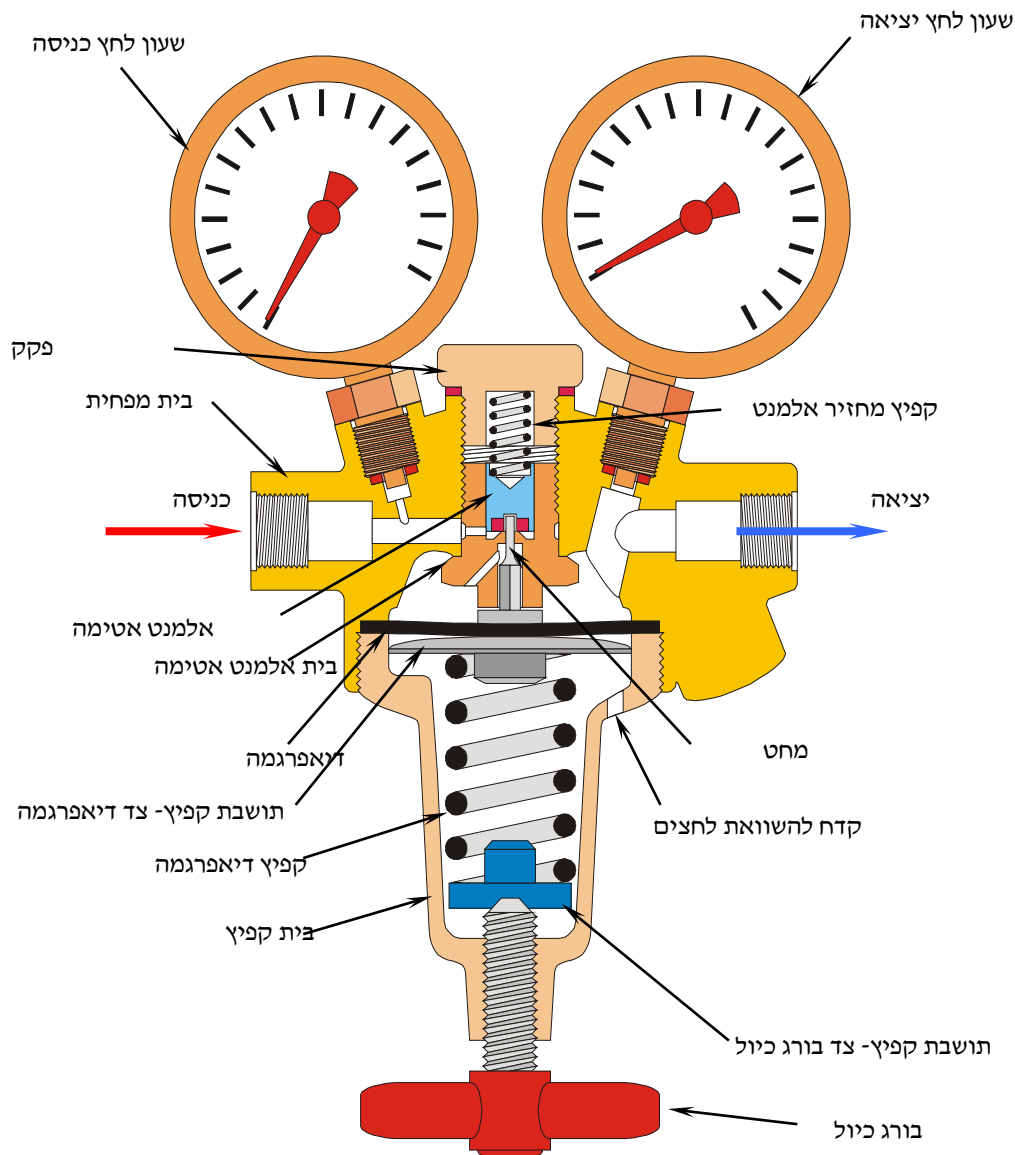
בדומה למבנה של המפחית העקרוני שתואר בסעיף הקודם, למפחית זה יש דיאפרגמה שמפקדת על אלמנט האטימה, קפיץ שלוחץ את הדיאפרגמה ובורג כיוול. הדיאפרגמה עשויה מגומי משורייך. כמו כן ישנם קדחים להשוואת הלחץ בצד החיצוני של הדיאפרגמה ללחץ האטמוספרי. בנוסף מורכבים שעונים שמורים על הלחץ לפני ואחרי המפחית. על המפחית מורכב שסתום בטחון שמקושר לצד הלחץ הנמוך, והוא מכיל לפרוק בלחץ של 44 אטמ'. שסתום זה מונע עליית לחץ מסוכנת בצורת 40 אטמ' עקב כשל של אלמנט האטימה במפחית, או כל תקלה אחרת שמאפשרת זרימת אוויר דרך המפחית ללא בקרה.

לאלמנט האטימה יש מבנה מיוחד. האלמנט יושב בתוך בית והוא נאטם כנגד שפה מורמת בבית זה. לאלמנט יש טבעת אוקולון שמשפרת את האטימה כנגד השפה. בית האלמנט מוברג לתוך בית המפחית והוא נאטם בטבעת נחושת שמפרידה בין הצד של הלחץ הגבוה ללחץ לצד של הלחץ הנמוך. במקרה של פגיעה במשטחי האטימה של האלמנט או של בית האלמנט, אפשר להחליף את בית האלמנט קומפלט עם האלמנט. בכניסה לבית האלמנט יש רשת סינון להגנה נוספת על משטחי האטימה.

בתוך בית האלמנט ישנו קפיץ קטן שלוחץ את האלמנט לכיוון סגירה, אך עיקר כוח הסגירה נובע מהפרש הלחצים בין הכניסה ליציאה של המפחית. כאשר הלחץ ביציאה נמוך מהרצוי, האלמנט נפתח ע"י מחט שדוחפת אותו. המחט נעה בהתאם לנקודת שיווי המשקל של הדיאפרגמה והקפיץ שלה. מנגנון פיקוד זה על אלמנט האטימה משפר את בטיחות המערכת ע"י כך שהוא מאפשר ניקוז כל האוויר של מהמערכת גם מהצד של הלחץ הנמוך (יציאה), וגם מהצד של הלחץ הגבוה (כניסה). כאשר ננקז את המערכת מהצד של הלחץ הנמוך, אז באופן טבעי המפחית יהיה במצב פתוח וכך גם יתנקז הצד של הלחץ הגבוה. עתה נבחן את המקרה בו אנו מנקזים את הצד של הלחץ הגבוה (כניסה). עבור מפחית לחץ פשוט כפי שתואר בסעיף הקודם, אם הלחץ בצד היציאה תואם את הלחץ הרצוי שאליו כיוול המפחית, ואם אין צרכנים בצד זה, אז הרי אלמנט האטימה נשאר סגור. במצב זה הלחץ הגבוה ינוקז מהמערכת, אך הלחץ הנמוך עדיין יישאר כלוא במערכת. כזכור במקרה זה הלחץ הנמוך הוא 40 אטמ', מה שיכול להוביל לבעיות בטיחות באירועי בקנ"ז, או תקלות במערכת. המבנה המיוחד של מנגנון הפיקוד על אלמנט האטימה מונע מצב מסוכן זה. מכיוון הדיאפרגמה יכולה רק לדחוף את האלמנט לכיוון פתיחה בעזרת המחט, היא לא יכולה למנוע ממנו להיפתח. במקרה של ניקוז המערכת מהצד של הכניסה הלחץ בצד הכניסה נופל, ואז הלחץ בצד היציאה מרים את האלמנט כנגד הקפיץ הקטן, וכך מתאפשר מעבר אוויר מהיציאה לכניסה וניקוז של כל המערכת בצורה בטוחה. לכן, כאשר ננקז את הבקבוקים או את מסנן הכניסה לפנל, אנו יכולים להיות בטוחים שבאופן זה ניקזנו את כל המערכת, גם 150 אטמ' וגם 40 אטמ' (כל עוד אין שסתומי קוק סגורים שמפריעים).

בערכת חלקי החילוף של הספינה ישנם שסתום בטחון, בית אלמנט אטימה קומפלט, וכן דיאפרגמה להחלפה. גישה לדיאפרגמה ולבית האלמנט היא ע"י פתיחת בית הקפיץ. צריך לשחרר את בורג הכיוול עד הסוף לפני פתיחת בית הקפיץ. כמו כן, בזמן ההרכבה צריך להקפיד לשים את הדיסקה בין בית הקפיץ לדיאפרגמה. דיסקה זו מונעת את קריעת הדיאפרגמה בזמן הידוק בית הקפיץ.

8.4.7 מפחית לחץ 40/6



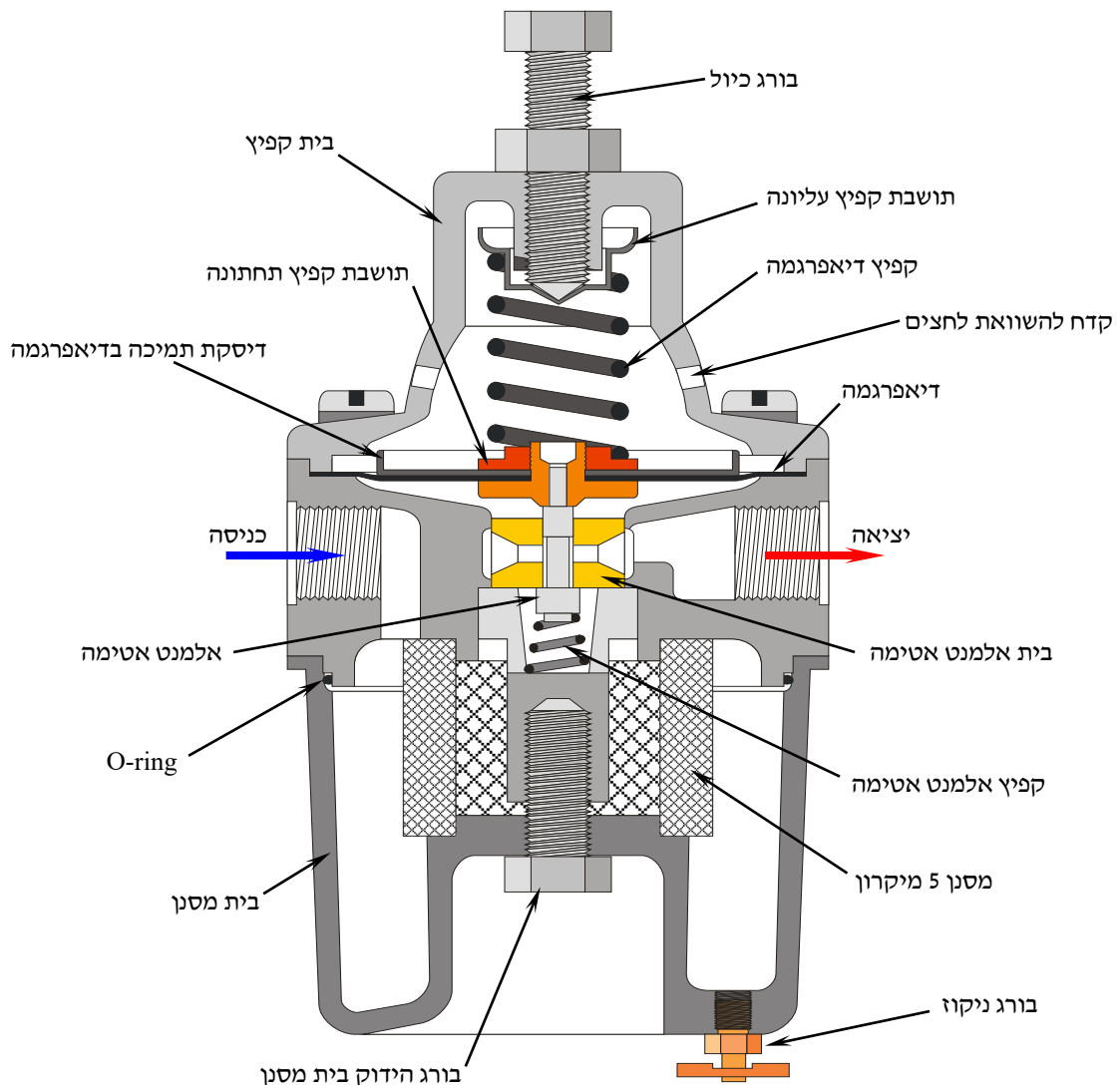
שרטוט 29 ; מפחית לחץ 5107

מפחית לחץ זה מספק אוויר בלחץ 6 אטמ'. על גוף מפחית הלחץ יש שעוני לחץ שמורים על לחץ האוויר בכניסה וביציאה מהמפחית. לאחר המפחית מותקן שסתום בטחון שמכיוול לפרוק בלחץ של 7.0 אטמ'. תפקידו להגן על הצנרת והצרכנים של מערכת אוויר 6 אטמ' במקרה של כשל במפחית שגורם לעודף לחץ ביציאה. חתך של מפחית הלחץ מופיע בשרטוט 18.

נשים לב שבדומה למפחית לחץ 150/40 אטמ' אלמנט האטימה נאטס כנגד בית אלמנט שהוא נפרד מבית המפחית. כמו כן, בדומה לשאר המפחיתים, הדיאפרגמה יכולה לגרום רק לפתיחת האלמנט ולא לסגירתו. קפיץ אלמנט האטימה הוא זה שלוחץ את האלמנט האטימה כלפי מטה לסגירה. מבנה זה מאפשר לנקז את מערכת 6 אטמ' ע"י ניקוז של מערכת 40 אטמ', ראה הסבר דומה עבור מפחית לחץ 150/40 אטמ'.

8.4.8 מפחית לחץ 6/1.1

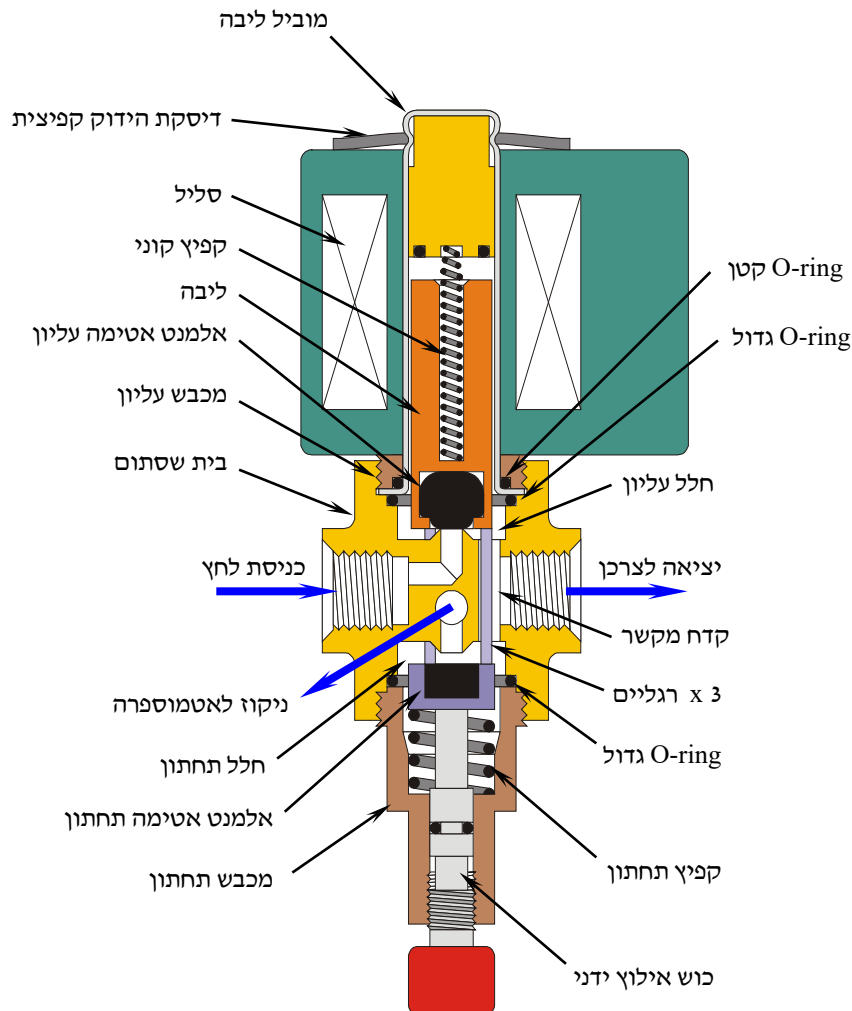
מפחית לחץ זה מספק אוויר בלחץ 1.1 אטמ' ל-BMI של יחידות מיזוג אוויר במדורים. מפחית הלחץ בנוי עם מסנן 5 מיקרון אינטגרלי בכניסה. בורג פרפר מאפשר לנקז את תחתית בית המסנן. על גוף מפחית הלחץ יש שעון לחץ שמורה על לחץ האוויר ביציאה מהמפחית. לאחר המפחית מותקן שסתום בטחון שמכיל מפרוק בלחץ של 1.7 אטמ'. תפקידו להגן על הצנרת של מערכת אוויר 1.1 אטמ' במקרה של כשל במפחית שגורם לעודף לחץ ביציאה. חתך של מפחית הלחץ מופיע בשרטוט 19.



שרטוט 2: מפחית לחץ 702/2

נשים לב שבדומה למפחית לחץ 150/40 אטמ' אלמנט האטימה נאטס כנגד בית אלמנט שהוא נפרד מבית המסנן. כמו כן, בדומה לשאר המפחיתים, הדיאפרגמה יכולה לגרום רק לפתיחת האלמנט ולא לסגירתו. קפיץ אלמנט האטימה הוא זה שלוחץ את האלמנט האטימה כלפי מעלה לסגירה. מבנה זה מאפשר לנקז את מערכת 1.1 אטמ' ע"י ניקוז של מערכת 6 אטמ', ראה הסבר דומה עבור מפחית לחץ 150/40 אטמ'.

8.4.9 סולנואיד פיקוד אוויר



שרטוט 31; סולנואיד פיקוד אוויר

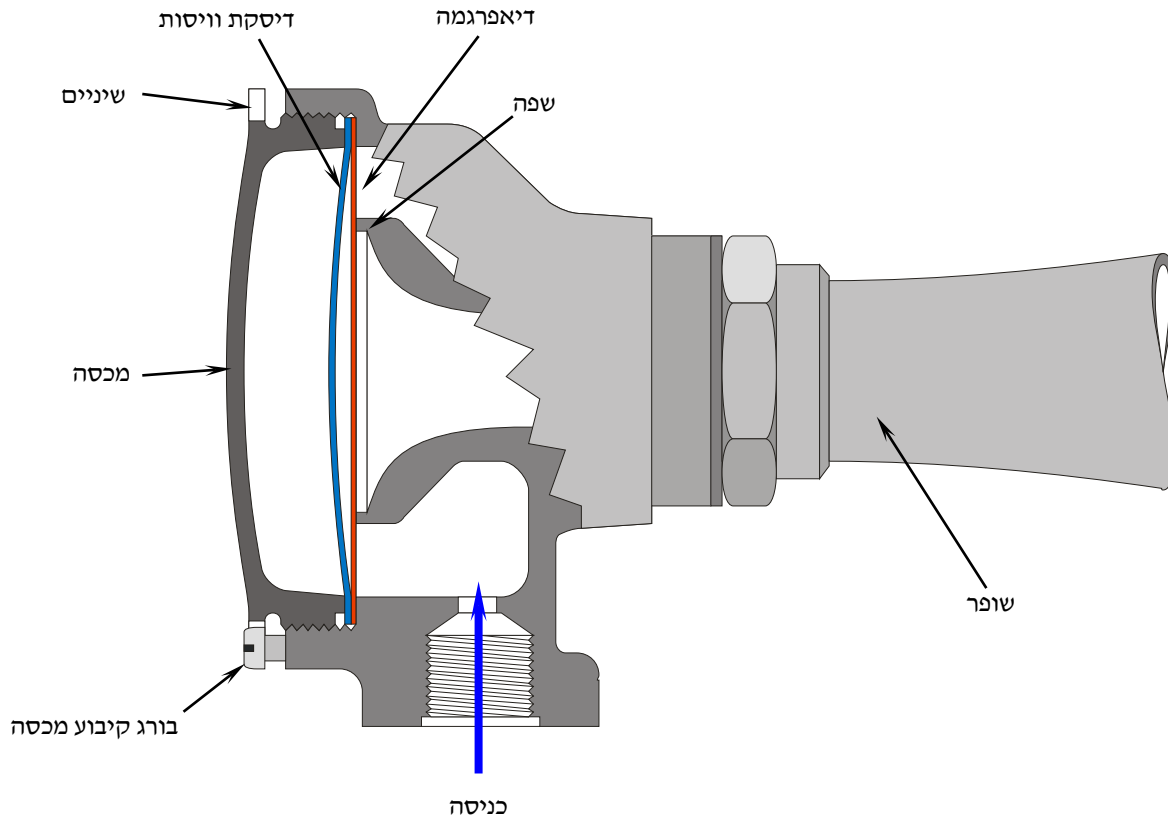
שסתום סולנואיד פיקוד אוויר משמש לאספקת אוויר לשסתומי דיאפרגמה של מערכת כיבוי אש נטל והתזת סיפונים, לשסתומי דיאפרגמה של מערכת דלק, וכן לשסתומי דיאפרגמה לריקון מיכלי ביוב. לשסתום יש פיקוד חשמלי עם אופציה לאילוף ידני. לשסתום שלושה חיבורי אוויר – כניסת אספקת אוויר בלחץ 6 אטמ', חיבור לצרכן וניקוז לאטמוספירה. כאשר לא מסופק מתח פיקוד, השסתום במצב סגור (NC – Normally Closed) ואינו מאפשר אספקת אוויר לצרכן. כמוכן, המשך הקו לצרכן מנוקז לאטמוספירה דרך יציאת הניקוז שעל השסתום. כאשר מתקבל מתח פיקוד (או אילוף ידני), הניקוז לאטמוספירה נסגר, ואספקת אוויר בלחץ לצרכן נפתחת. השרטוט מתאר את השסתום כשהוא במצב סגור ללא מתח. כניסת האוויר היא משמאל, היציאה לצרכן מימין, והחיבור לניקוז הוא בניצב לדף, כלפי חוץ. בגוף השסתום יש חלל עליון וחלל תחתון אשר מקושרים ליציאה לצרכן דרך הקדח המקשר. החלל העליון מקושר לכניסת אספקת האוויר, כאשר המעבר בין כניסת האוויר לחלל העליון מבוקרת ע"י אלמנט האטימה העליון. באופן דומה אלמנט האטימה התחתון מבקר על מעבר אוויר מהחלל התחתון לניקוז. במצב סגור, אלמנט האטימה העליון סגור ואילו התחתון פתוח. במצב פתוח, האלמנט התחתון נסגר והעליון נפתח.

הפיקוד החשמלי יוצר שדה מגנטי בתוך הסליל שמושך את ליבת הברזל כלפי מעלה כנגד קפיץ קוני. יש לשים לב שהקצה הצר של הקפיץ מופנה כלפי מעלה. אלמנט האטימה העליון יושב בקצה התחתון של הליבה, ולכן כשזו מתרוממת אז נפתח המעבר בין כניסת אספקת האוויר לחלל העליון. התנועה של הליבה גם שולטת על תנועת אלמנט האטימה התחתון. לאלמנט התחתון יש שלוש רגליים ארוכות שנשענות על הקצה התחתון של הליבה, ויש קפיץ תחתון מתחת לאלמנט התחתון שלוחץ אותו כלפי מעלה, וכך שומר על מגע בין הרגליים לאלמנט העליון. הרגליים עוברות דרך קדחים שמקשרים בין החלל העליון והתחתון (רק אחד מופיע בשרטוט). במצב סגור ללא פיקוד הליבה מהודקת כלפי מטה ע"י הקפיץ הקוני, והרגליים של האלמנט התחתון דוחפות אותו כלפי מטה כך שמתאפשר ניקוז אוויר מהצרכן לאטמוספירה. במצב פתוח, התרוממות הליבה מאפשרת לקפיץ התחתון לסגור את האלמנט התחתון. במצב של אילוף ידני, הכוש דוחף את האלמנט התחתון כלפי מעלה וסוגר אותו, והרגליים של האלמנט התחתון גורמות לליבה להתרומם ולאלמנט העליון להיפתח.

פירוק השסתום מתבצע ע"י הסרת הדיסקה הקפיצית של הסליל ושליפת הסליל ממוביל הליבה. לאחר מכן אפשר לפתוח את המכבש העליון שמאפשר גישה לאלמנט העליון והליבה. את האלמנט התחתון ניתן לפרק ע"י פתיחת המכבש התחתון. בזמן שיפוץ מחליפים את כל האטמים וקפיצים, וכן את אלמנטי האטימה והליבה.

8.4.10 צופר אוויר

צופר הספינה מופעל באוויר בלחץ 40 אטמ'. הצופר מוזן מהתפצלות מצינור אוויר ההתנעה שמוביל למנוע 4. מיד לאחר ההתפצלות יש שסתום מפריד על תקרת חדמ"ק. המפריד מאפשר למנוע בריחת אוויר במקרה של פגיעה בצנרת שמובילה לצופר בתורן. בגשר הפתוח ישנו שסתום סולנואיד שמפקד על זרימת האוויר לצופר. לשסתום יש ידית אילוף ידנית. חתך של הצופר מופיע בשרטוט 21



שרטוט 32 ; צופר אוויר

עקרון פעולת הצופר מבוסס על דיאפרגמה מתוחה שנשענת על שפה בתוך בית הצופר. כאשר מוכנס אוויר בלחץ הוא מרים את הדיאפרגמה מהשפה, זורם מסביב לשפה וגורם לדיאפרגמה לרטוט. רטיטות הדיאפרגמה גורמות לפולסי לחץ באוויר שזורם החוצה דרך השופר. השופר גורם להגברת תדירות רטיטות מסוימת, ולהנחתת שאר התדרים.

הדיאפרגמה יושבת ביחד עם דיסקת וויסות בתוך בית הצופר. מכסה מתברג מהדק את שתיהן על השפה הפנימית ועל בית הצופר. למכסה יש שיניים בהיקף שמאפשרות שילוב מפתח ספציפי לסיבוב המכסה. כמו כן יש בורג קטן לקיבוע המכסה. הבורג מוברג לתוך בית הצופר כך שראש הבורג נמצא בין שתי שיניים שבהיקף המכסה.

ניתן לכייל את עוצמת הצפירה בשתי דרכים. הראשונה היא ע"י שינוי המתח הראשוני של הדיאפרגמה, והשנייה היא ע"י כיוון ספיקת האוויר של שסתום הסולנואיד של הצופר. כיוון הדיאפרגמה מבוצע באופן הבא:

1. מפרקים את בורג קיבוע המכסה.
2. מהדקים את המכסה עד הסוף.
3. פותחים את המכסה בשלבים קטנים, בכל שלב בודקים את עוצמת הצפירה עד למציאת הנקודה האופטימלית.
4. מקבעים את המכסה בנקודה זו ע"י בורג הקיבוע.

כאשר מכוונים את ספיקת האוויר בשסתום הסולנואיד יש לכוון לעוצמת קול מקסימלית עבור הספיקה המינימלית, שכן עודף אוויר מחליש את עוצמת הצופר.