

השפעת אוויר על הלם מים במערכות הולכת מים

פיני ורדי

בראשית הכתבה רצוי להתעכב על שתי נקודות חשובות:
הלם מים מהו? ומהו הקשר בין מערכת הולכת המים והאוויר?

מהו הלם מים

הלם מים (WATER HAMMER) הנה תופעה פיזיקלית המתרחשת כתוצאה משינוי מהיר ביותר במהירות זרימת המים. השינוי המהיר יכול לבוא לידי ביטוי בהגברת המהירות (לדוגמה - על ידי פתיחה מהירה של ברז כדורי), או בהקטנת מהירות הזרימה של המים (לדוגמה - הדממת משאבה בייחוד בהפסקת חשמל).

כתוצאה משינוי מהירות הזרימה משתנה האנרגיה הקינטית של המים והופכת לאנרגיה פוטנציאלית. שינוי זה גורם לעליית הלחץ בצורה מהירה חריפה ולעיתים מסוכנת.

הקשר בין מערכות הולכת המים ואוויר

נכון, המצב האידיאלי הוא שבמערכות הולכת המים יזרמו מים בלבד. אך זהו מצב תיאורטי בלבד, אשר כמעט ואינו קיים. האוויר הקיים בתוך מערכות המים מגיע ממגוון מקורות כמו: מילוי לא תקין של קו המים (מילוי חפוז ולא הדרגתי). שינויי לחץ בקו המוביל את המים. שינויי טמפרטורת המים. הכנסת אוויר על ידי משאבה, ועוד.

אנו נתרכז בהשפעה ההדדית בין האוויר במערכת הולכת המים ובין הלם המים, כאשר בתחילה נעסוק בהשפעה החיובית של התקנת שסתומי אוויר במערכת המים. את השפעת פעולת שסתומי האוויר ננתח באמצעות דוגמאות מעשיות.

דוגמה ראשונה - אוויר במערכת המים

בקו המוליך מים לא הוצאה כל כמות האוויר ונתרו בועות אוויר במים. הבועות הזורמות עם זרם המים נוטות להתלכד לבועות גדולות יותר ויותר עד כי הן הופכות לכיסי אוויר בתוך קו המים.

כיסי האוויר בעלי הנפח הגדול העלולים למלא את רוב רובו של שטח חתך צינור המים, זורמים בכיוון הזרימה. בתנאים מסוימים (לדוגמה - שינויים טופוגרפיים בקו המים) עלולים כיסים אלו להיעצר ואף לנוע בכיוון ההפוך לכיוון הזרימה. במצב כזה תיווצר עצירה פתאומית רגעית של זרימת המים, וכתוצאה ממנה ייווצר הלם מים. ברור שמצב כזה היה נמנע אילו לא הייתה הזדמנות לבועות האוויר להתלכד וליצור כיסי אוויר לאורך קו המים. הבטחת שחרור כל האוויר באמצעות שסתומי אוויר הייתה מונעת את היווצרות כיסי האוויר ואת תופעות ההלמים בקו בעתיד. במקרים של סוף קו רצוי שחרור איטי ומבוקר של האוויר - שחרור שניתן להשיג על ידי התקנת שסתומי אוויר תלת שלביים. אלו שסתומים עם תוספת NON SLAM.

דוגמה שניה - קידוחים עמוקים

הפעלת משאבה במערכת אספקת מים המוזנת מקידוחים עמוקים, מכניסה לקו המים כמות אוויר גדולה ביותר, תהליך הממשיך עד למילוי הקו במים. במקרה זה יש צורך בהתקנת שסתום אוויר בעל נחיר גדול אשר יאפשר להוציא במהירות את מירב כמות האוויר המצטברת במערכת המים. שסתום זה הקרוי שסתום אוויר לחץ נמוך (בשפה מקצועית - "שסתום

קינטי"), עלול להסגר במהירות ולהפסיק את הוצאת האוויר לאטמוספירה. יש להבין כי כל זמן שפתח השסתום היה פתוח, נפח האוויר אשר נפלט לאטמוספירה מאפשר לנפח של מים להיכנס במקומו אל הקו ולזרום. ברגע שהשסתום נסגר - ברור שפסקה הוצאת האוויר ומכאן שהייתה עצירה חלקית ורגעית של זרימת המים.

עצירה זאת תגרום לשינויים הידראוליים במים אשר יגרמו להלמי מים. ניתן להקל על מצב כזה ולבצע את העצירה באופן הדרגתי ולא פתאומי. לדוגמה - ניתן להוציא בשלב הראשון כמות אוויר גדולה, ובשלב השני תוקטן כמות האוויר היוצאת. ההדרגה ביציאת האוויר תיצור הדרגה בעצירת זרימת המים, והשינוי במהירות הזרימה יהיה איטי ולא יגרום ליצירת הלם מים. ניתן לבצע תהליך שחרור הדרגתי על ידי שסתום אוויר תלת שלבי, המכיל מנגנון לשחרור מבוקר של האוויר NS.

הערה

סגירה מהירה של המצוף של שסתום האוויר עלולה ליצור בעיה חמורה נוספת והיא השארות כמות גדולה מידי של אוויר בקו המים. סגירת מצוף מוקדמת נקראת "סחיפה". תוצאות של סגירה מוקדמת של שסתום האוויר היא הגעת אוויר אל בתי צרכני המים. ידועות לנו תלונות על נזקים בבתים ובעסקים כמו - עקירת אסלות, שבירת כלים, פגיעה בעבודת רופאי שיניים, והכל נובע מאי שחרור האוויר ממערכת המים.

דוגמה שלישית - הפרדת עמוד המים

מצב של הפרדת עמוד המים קורה כאשר בנקודה מסוימת של קו המים, חלק מהמים ימשיכו לזרום עם כוון הזרימה - וחלקם ינוע לאחור. בנקודה בה נפרדו המים ייווצר מצב של תת לחץ.

דוגמה למצב כזה - בעת הדממת יחידת שאיבה הסונקת לקו עולה שאחרי נקודת שיא הוא מתחיל לרדת, עלול להיווצר מצב של הפרדת עמוד המים. שני חלקי עמוד המים אשר נעים ומתרחקים בכוון הפוך זה מזה - יגדילו את מצב תת הלחץ, ותוך זמן קצר ביותר יתחילו לנוע בכוון ההפוך לכוון זרימתם. עכשיו הם ינועו זה מול עד למפגש המחודש ביניהם. אם לא ינקטו אמצעי הגנה, תוצאת המפגש בין שני חלקי עמוד המים, הנעים זה מול זה, ותוצאת הגדלת מצב תת הלחץ בעת התרחקות שני חלקי עמוד המים - עלולות להיות הרסניות לקו ולמערכות המים.

בכדי לצמצם באופן מידי את הנזק האפשרי אותו עלולות להביא שתי התופעות, עלינו להתקין שסתום אוויר אשר יאפשר הכנסת אוויר מהירה בכמות גדולה לתוך הקו בנקודת הפרדת עמוד המים. האוויר יוכנס לקו בעת היווצרות תופעת תת הלחץ. הכנסת האוויר תגביל את תת הלחץ לממדים סבירים ותנועת שני חלקי עמוד המים זה כנגד זה תהייה איטית יותר ותגרום לעליית לחץ מתונה יותר. ניתן להשיג זאת באמצעות שסתום אוויר תלת שלבי (NON SLAM) NS אשר יצמצם בצורה דרסטית את כמות האוויר המשתחררת, יבלום את מהירות תנועת עמודי המים זה כנגד זה, ויבטיח שמירת כרית אוויר בקו. כרית זאת תגרום לשיכון גל ההלם בדומה לבולם זעזועים הפועל בכל כלי רכב ומקטין את זעזועי הנסיעה. בהמשך התהליך ישוחרר כל האוויר מן הקו.

המבנה המיוחד של השסתום התלת שלבי NS וכיצד הוא פועל

השסתום התלת שלבי NS הוא פתרון שפותח בישראל לסיוע במניעת נזקי הלם

מים במערכות הולכת מים.
השסתום נסגר בכמה שלבים : בשלב הראשון משתחרר האוויר במלוא קוטר פתח יציאת השסתום, דרך האל חוזר המותקן בקצה היציאה. עם עלות הלחץ, כאשר הפרש הלחצים בין האטמוספירה לפני השסתום יגיע לחצי מטר, ישתחרר האוויר דרך פתח היציאה הקטן של הברז המתכוונן. הלחץ ימשיך לעלות והשסתום לא ייסגר כי הפרשי הלחץ סביב המצוף קטנים. לאחר שיצא כל האוויר והמים יגיעו, יתרומם המצוף ויסגור את השסתום. לחץ האוויר יגדל וייצור התנגדות אשר תרסן את מהירות המילוי. כאשר יגיעו המים לשסתום האוויר הוא ייסגר ויצור הלם מקומי קטן יחסית. הלם אשר השפעתו על הקו הראשי שולית ביותר. גם השינוי במהירות הזרימה עם סיום מילוי הקו במים, יהיה נמוך יותר. כתוצאה מכך ההלם בקו יהיה נמוך יותר, תוך כדי שחרור כל האוויר מן הקו.

סיכום

היתרון הנוסף שבהתקנת שסתומי אוויר במערכות הולכת מים, מלבד הכנסת והוצאת אוויר המאפשרת פעולה תקינה של המערכת, הוא צמצום ההשפעה ההרסנית של נזקי הלמי המים. פעולתם של שסתומי האוויר משפיעה על הקטנת תת הלחץ מחד, וריסון הלחץ העודף מאידך.
מהדוגמאות שהובאו בכתבה זאת ניתן ללמוד על היתרונות הגלומים בשסתומי אוויר מיוחדים, המאפשרים שיפור נוסף ומשמעותי - כפי שראינו בניתוח תפקודם של שסתומי ה NS.

נכתב על ידי מר פנחס ורדי, יועץ למערכות הולכת מים