

PERMETEZŐGÉPEK NYOMÁSSINGADOZÁST TOMPÍTÓ LÉGÜSTJÉNEK MÉRETEZÉSE

SIZING OF PRESSURE VARIATION DUMPING VESSEL OF PLANT PROTECTION MACHINES

Sztachó-Pekáry István^{1*}

¹ Kertészeti Tanszék, Kertészeti és Vidékfejlesztési Kar, Neumann János Egyetem, Magyarország

Kulcsszavak:

permetezőgép
dugattyús szivattyú
légüst
permetlé-vezeték

Keywords:

powered sprayer
piston- pump
pressure vessel
spray hose

Cikktörténet:

Beérkezett: 2017. szeptember 22
Átdolgozva: 2017. október 3.
Elfogadva: 2017. október 10.

Összefoglalás

A permetezőgépek szórófejeinél uralkodó nyomása a munkaminőség és -hatékonyság meghatározó tényezője. A kimeneti nyomás fő meghatározó szerkezeti elemei a dugattyús szivattyú, a nyomáskiegyenlítő légüst és a csővezetékek. Jelen dolgozat a permetezőgépek szerelvényeiben fellépő nyomásingadozás csökkentésének lehetőségét elemzi.

Abstract

Spray pressure output by powered sprayer is considered a key factor affecting the spraying quality of a sprayer and efficiency in pest control. However, the key components of a sprayer are the piston-pump, the pressure vessel and the spray hoses, which are the main factors affecting the spraying conditions. This paper discusses the dumping of pressure variation of plant protection machines.

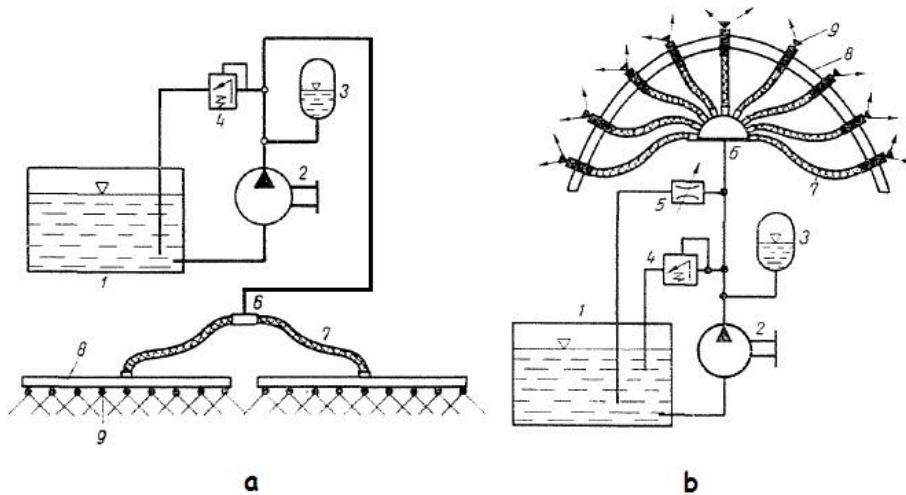
1. Bevezetés

Egyre nagyobb teret nyer a növényvédelemben a nagynyomású permetezőgépek alkalmazása. A mind szélesebb körű elterjedésük oka a szántóföldi növényvédelemben a jelentős területteljesítmény-növekedés, míg a favédelemben a nagy hatótávolság [1]. A nagynyomású permetezőgépeket először a fa-védelemben alkalmazták, manapság már a szántóföldi és szőlővédelmi munkákra is szinte kizárólagosan ezt a technikát használják. Az alkalmazott szivattyúk a dugattyússzivattyúk és a membránszivattyúk [2]. Mivel ezek lészállítása pulzáló, a nyomás és a lészállítás egyenletessé tétele érdekében 3-6-hengeres dugattyús illetve membrános szivattyúk terjedtek el. A magas üzemi nyomás az armatúrával, az elosztórendszerrel és a szórófejekkel kapcsolatban számos szilárdsági, tömítettségi, kopási és korróziós problémát vet fel, melyekkel az alacsonynyomású gépeknél nem, vagy csak kis mértékben kell számolni. A nagynyomású gépeknél a nagy és pulzáló üzemi nyomás mellett a lökészerű folyadék-szállítással is számolnunk kell, mely hirtelen fellépő kopásokat illetve eltömődéseket okozhat a vezetékrendszerben [3]. A nagy, kiegyenlítetlen nyomásingadozás a rendszer elemeiben a pulzáló igénybevétel miatt gyakran törésekhez is vezethet. Jelen dolgozat a fent vázolt jelenségek elméleti leírását és ezek alapján azok konstrukciós megoldásait ismerteti.

2. A nagynyomású permetezőgépek működése

A permetezőgépek fejlesztése során számos permetlészállító rendszer került kidolgozásra, a jelenleg használatos rendszer felépítési vázlatát az 1. ábra szemlélteti.

¹ Tel.: +36 76 517 618; fax: +36 76 517 601
E-mail cím: pekary.istvan@kvk.uni-neumann.hu



1. ábra – A nagynyomású permetezőgépek hidraulikai felépítése.

a – szántóföldi, **b** – szőlő- és bogyósgyümölcs-védelmi permetezőgép

1 - permetlé-tartály, 2 - szivattyú, 3 - légüst, 4 - nyomásszabályzó szelep, 5 - fojtószelep,
6 - elosztó, 7 - elosztóvezeték, 8 - szórófej-keret, 9 - szórófej

Az **a** jelű hidraulikakör a **b** jelűtől abban különbözik, hogy a **b** jelű körbe az **5** számú fojtószelep is beépítésre került, így ott a **4** számú szabályzó szelep biztonsági szelepként üzemel – normál üzemi viszonyok között állandóan zárt állású. A permetlé keverése a permetlé-tartályban a visszavezetett permetlével történik.

3. A rendszer alkotóelemeinek hidrosztatikai jellemzői

A gyakorlati tapasztalatok és az elméleti elemzések alapján megállapíthatjuk, hogy bár az egyes alkatrészeket hidrosztatikai karakterisztikájukkal nem lehet teljes körűen jellemezni, de azokat ismerni kell, mert jelentősen befolyásolják a velük felépített rendszer hidrodinamikai viselkedését.

3.1. A dugattyús- és a membránszivattyú működése

A permetezőgépek döntő többségében a permetlé szállítására dugattyús- és membránszivattyúkat használnak, melyek folyadékszállítására és nyomására az idő függvényében állandóan változó – pulzáló [4]. A pulzáló nyomás bizonyos esetekben kritikus nyomásértékeket is elérhet a rendszerben kialakuló, a szivattyú által gerjesztett nyomáshullámok következtében; ezért nagyon fontos a folyadékszállítás időbeni lefolyásának ismerete. A 2. ábra egy kéthengeres dugattyús szivattyú folyadékszállítását szemlélteti. A szállítás pulzálását a δ egyenetlenségi tényező fejezi ki:

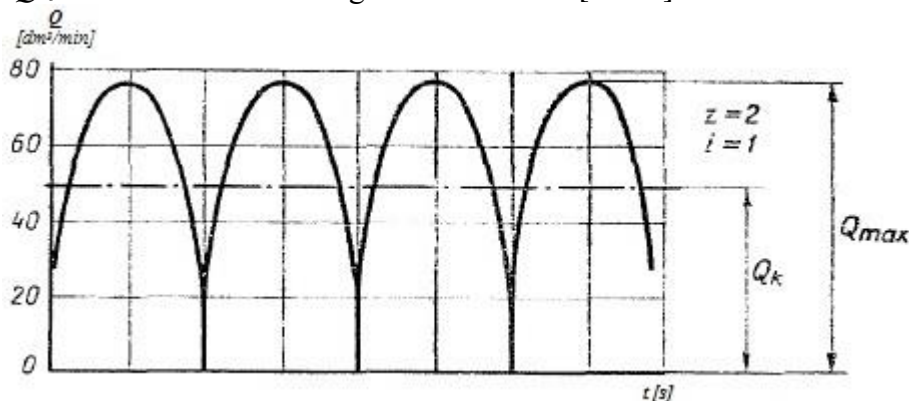
$$\delta = \frac{Q_{\max} - Q_{\min}}{Q_k} \quad (1)$$

ahol Q_{\max} – a maximális pillanatnyi szállítás [dm³ min⁻¹]
 Q_{\min} – a minimális pillanatnyi szállítás [dm³ min⁻¹]
 Q_k – a közepes szállítás [dm³ min⁻¹]

A szivattyú tényleges lészállítása pedig:

$$Q_{\text{tény}} = Q_{\text{elm}} - Q_{\text{rés}} - Q_{\text{szív}} \quad (2)$$

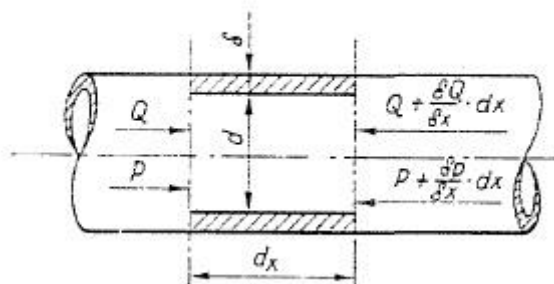
ahol Q_{elm} – az elméleti lészállítás $[m^3 s^{-1}]$
 $Q_{rés}$ – a résvesztés $[m^3 s^{-1}]$
 Q_{sziv} – a szívási veszteség $[m^3 s^{-1}]$



2. ábra –Lészállítás az idő függvényében

3.2. A permetlé-szállítóvezeték viselkedése

A permetlevet a szivattyú merev és/vagy flexibilis csővezetéken keresztül juttatja el a különböző szerelvényekhez, majd a szórófejekhez. A csővezetéknek a benne fellépő – pulzáló nyomásingadozás okozta – dinamikus terheléseket károsodás-mentesen kell elviselnie, ebből adódóan a csővezeték döntően befolyásolja a rendszer dinamikai tulajdonságait.



3. ábra – Egyensúlyi helyzet egy elemi csőszakaszon

A pulzáló permetlé-szállítás következtében a csővezetékben komplex hullám-jelenségek jönnek létre, ezek viszont csak hidrodinamikailag nagy csővezeték-hosszúságoknál jelentősek [5], hidrodinamikailag rövid vezeték esetén a számításokból kihagyhatóak. A csővezeték hidrodinamikailag akkor tekinthető rövidnek, ha a nyomáshullámok hullám-hosszúsága $\lambda \geq L$, ahol L a vezeték számításba veendő hossza. A növényvédőgépek csővezetékei hidrodinamikailag rövidnek tekinthetőek [6]. Amennyiben egy csőszakasz folyadékáram- és nyomás-változását első fokú Taylor-polinommal közelítjük (3. ábra), akkor a következő dinamikus mérleg-egyenletet kapjuk:

$$-\frac{\partial p}{\partial x} = L_h \cdot \frac{\partial Q}{\partial t} + R_h Q \tag{3}$$

ahol p – az áramló permetlé nyomása $[Pa]$
 Q – a cső-keresztmetszeten átmenő folyadék-áram $[m^3 s^{-1}]$
 L_h – a a csővezeték hidraulikai induktivitása $L_h = \frac{m}{A^2}$ $[kg m^{-4}]$
 R_h – a csővezeték hidraulikai ellenállása $R_h = \frac{\Delta p}{\Delta Q}$ $[kg m^{-4} s^{-1}]$

$$-\frac{\partial Q}{\partial x} = C_h \cdot \frac{\partial p}{\partial x} \quad (4)$$

ahol C_h – a csővezeték hidraulikai kapacitása $C_h = \frac{d(\Delta p)}{dt}$ [m⁴ s² kg⁻¹]
 és m – a csővezetékben tartózkodó folyadék tömege [kg]

Az egyenletet megoldása a nyomás-változásra:

$$\frac{\partial^2 p}{\partial x^2} = L_h \cdot C_h \frac{\partial^2 p}{\partial t^2} + R_h C_h \frac{\partial p}{\partial t} \quad (5)$$

3.3. A légüst nyomáskiegyenlítő szerepe

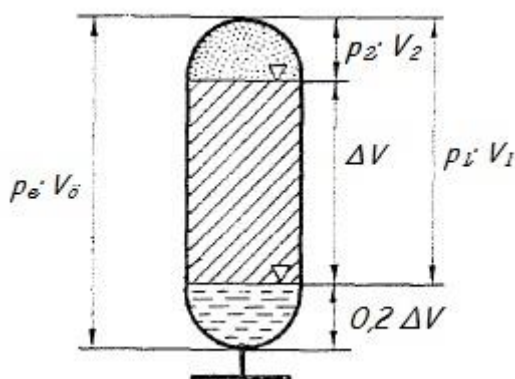
A dugattyús szivattyú működéséből adódó erőteljes nyomás- és folyadékszállítás-pulzáció csökkentése érdekében a permetezőgépeken légüstöt alkalmaznak. A légüst helyes méretezésével a pulzáció mértéke tetszőlegesen korlátozható.

A légüst akkor felel meg a vele szemben támasztott követelményeknek, ha a hidraulikai rendszerhez statikus és dinamikus szempontból egyaránt illeszkedik. A statikus illeszkedést a légüst minimális térfogata akkor biztosítja, ha nagysága legalább a pulzáció amplitúdója, azaz a folyadékszállítás középértéke plusz a pillanatnyi folyadék-szállítás maximális értéke különbségének kétszerese, így biztosítva azt, hogy a nyomás-ingadozás az előírt p_1 minimális és p_2 maximális nyomásérték között maradjon.

A légüst fő paraméterei – figyelembe véve a politrópikus állapotváltozás törvényszerűségeit – a következőképpen alakulnak (4. ábra):

$$p_1 V_1^n = p_2 V_2^n \quad (6)$$

ahol p_1 - a légüstben uralkodó minimális nyomás [Pa]
 V_1 - a légüstben lévő gáz maximális térfogata [m³]
 p_2 - a légüstben uralkodó maximális nyomás [Pa]
 V_2 - a légüstben lévő gáz minimális térfogata [m³]
 n - politrópikus kitevő []



4. ábra – Nyomások és térfogatok a légüsten belül

Annak érdekében, hogy a légüstben mindig legyen valamennyi visszamaradó permetlé, célszerű annak térfogatát a térfogat-ingadozás mértékének 20%-ával megnövelni. Evvel a megfontolással a légüst V_0 össz-térfogata:

$$V_{\delta} = \Delta V \left[\frac{1}{1 - \left(\frac{p_1}{p_2}\right)^{\frac{1}{n}}} + 0,2 \right] \quad (7)$$

Mivel minden egyes V térfogathoz egy p nyomás rendelhető, így meghatározható a V_{δ} térfogathoz rendelhető p_e előfeszítési nyomás is:

$$p_e = \frac{p_{max} \cdot p_{min}}{p_{max} - p_{min}} \cdot \frac{\Delta V}{V_{\delta}} \quad (8)$$

A légüst hidraulikai rendszerhez való statikus illesztése tehát a légüst V_{δ} össz-térfogatának és p_e előfeszítési nyomásának meghatározását jelenti.

4. Az egyes alkotóelemek rendszerhez-hangolása

A *permetlé-szivattyú* kiválasztása során arra kell ügyelni, hogy képes legyen az előírt nyomáson az szükséges folyadékmennyiséget szállítani. A méretezés során figyelembe kell venni a szórófejek számából adódó permetlé-kijuttatás nagyságát; nagyszámú nagyméretű szórófej esetén az üzemi nyomás olyan kritikus nyomás-érték alá csökken, mely már nem tudja a kellő mértékű cseppképzést biztosítani.

A *csővezeték* méretezése során azt kell szem előtt tartani, hogy szilárdsága feleljen meg a rendszerben uralkodó legnagyobb nyomásértéknek, a belső átmérő mérete olyan legyen, hogy az áramlás során a cső-súrlódás miatt fellépő nyomásesés a ne haladja meg a 10%-ot.

A *légüst* méretezését az előző fejezet rész már részletesen tárgyalta. A légüst hidraulikai rendszerhez való statikus illesztése tehát a légüst V_{δ} össz-térfogatának és p_e előfeszítési nyomásának meghatározását jelenti.

5. A hidraulikai rendszer dinamikai elemzése

A dinamikai elemzés során két esetet kell megvizsgálni: a szivattyú pulzáló lészállításából eredő nyomásingadozásokat, valamint a lökészerű nyomásváltozás okozta terhelés-változásokat.

A szivattyú a pulzáló lészállítás miatt nem rendelkezik egy stabil munkaponttal, a szállított lémmennyiség-változás a nyomásingadozás mértékével arányos. A nyomásingadozás amplitúdója az üzemi középnomással egyenesen arányos, azonban a csővezeték-rendszer elaszticitása valamint a helyesen megválasztott légüst nagymértékben képes csökkenteni a nyomásingadozás amplitúdóját.

6. Összefoglalás

A mezőgazdasági növényvédelemben széleskörűen alkalmazott nagynyomású permetezőgépek hidraulikus rendszerét térfogatkiszorítás elvén működő, pulzáló lészállítású dugattyús- és membránszivattyúk működtetik. A működés során fellépő hidraulika kérdések az egyes rendszert alkotó elemek – szórófejek, csővezetékek, szivattyú, légüst – működést befolyásoló jellemzőinek vizsgálatával elemezhetőek. A zavarmentes és biztonságos üzemeltetés a fentebb felsorolt alkotóelemek statikus és dinamikus hidraulikus összehangolásával, vagyis a nyomásingadozást tompító légüst szakszerű méretezésével valósítható meg.

Köszönetnyilvánítás

Köszönettel tartozunk a kutatás támogatásáért, amely az EFOP-3.6.1-16-2016-00006 „A kutatási potenciál fejlesztése és bővítése a Neumann János Egyetemen” pályázat keretében valósult meg. A projekt a Magyar Állam és az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával, a Széchenyi 2020 program keretében valósul meg.

Acknowledgement

This research is supported by EFOP-3.6.1-16-2016-00006 "The development and enhancement of the research potential at John von Neumann University" project. The Project is supported by the Hungarian Government and co-financed by the European Social Fund.

Irodalomjegyzék

- [1] Csizmazia Zoltán (2006) A növényvédelem gépei MEZŐGAZDA, Budapest, 29-34 pp.
- [2] Csizmazia Zoltán (2011) Műszaki ismeretek, Debreceni Egyetem, Nyugat-Magyarországi Egyetem, Pannon Egyetem, 61-63 pp.
- [3] Walg, O. (2005): A szőlőtermesztés géprendszere. MEZŐGAZDA, Budapest, 184-186 pp.
- [4] Wilkinson, R. – P. Balsari – R. Oberti (1999): CGIR Handbook of Agricultural Engineering Vol III. Plant Production Engineering, ASAE Publications, St. John, 286-288 pp.
- [5] Yan, G. – Z. Xiao – W. Guo – C. Xiao – L. Deijang – P. Jiang (2016): Experimental study on linear pressure loss of spray hose. Proceedings of the ICAEMM 15-17 January 2016. Weihai, China, 295-302 pp.
- [6] Bobok E. (1987): Áramlástan bányamérnököknek. Műszaki Könyvkiadó Budapest, 410-425 pp.