

Rachmilevič, Z.Z. (Ing.)

PULSATIONS-DÄMPFUNG IN ROHRLEITUNGEN MIT HILFE EINES KOMBINIERTEN RÜCKDÄMPFERS

Übersetzung aus:

Promyšlennaja energetika. Moskva, 20 (1965),  
Nr 11, S. 30 - 32.

Russ.: ГАШЕНИЕ ПУЛЬСАЦИИ ДАВЛЕНИЯ В ТРУБОПРОВОДАХ ПРИ ПОМОЩИ РЕАКТИВНОГО КОМБИНИРОВАННОГО ГАСИТЕЛЯ

Gašenie pul'sacii davlenija v truboprovodach pri pomošči reaktivnogo kombinirovannogo gasitelja

Bei der Arbeit von Kolbenverdichtern beobachtet man häufig eine starke Pulsation des Förderstroms in den Druckleitungen mit der Folge, daß diese vibrieren. Um die pulsierende Luftströmung in eine gleichmäßige zu verwandeln, werden häufig Pufferkapazitäten eingesetzt, und zwar sowohl auf der Saug- als auch auf der Druckseite des Verdichters. Die Größe der Kapazität hängt hauptsächlich von der Leistung des Aggregats, dem Druck in der Rohrleitung und dem Verdichtungsverhältnis ab. Für Großanlagen wird z.B. empfohlen [1]:  $V = \sqrt[3]{\bar{Q}}$  und  $V = \frac{1}{2}\sqrt{\bar{Q}}$  bzw. für kleine Verdichter  $V = \sqrt{\bar{Q}}$ , wobei V das Volumen der Pufferkapazität in m<sup>3</sup> und Q die Verdichterleistung in m<sup>3</sup>/min (bezogen auf normale Arbeitsbedingungen) wiedergibt.

Berechnungen nach diesen Formeln führen dazu, daß man Pufferkapazitäten von sehr großen Abmessungen einsetzen muß. Die Größe einer Pufferkapazität zum Ausgleich der Pulsation, die nach dem Prinzip eines akustischen Filters konstruiert wurde, kann wesentlich geringer sein [2].

**Übersetzungsstelle  
der Universitätsbibliothek Stuttgart**

Im vorliegenden Aufsatz werden die Ergebnisse einer Arbeit zur Beseitigung der Druckpulsation mit Hilfe eines kombinierten Rückdämpfers dargelegt.

In einem Betrieb des Städtischen Moskauer Volkswirtschaftsrates<sup>1)</sup> kam es beim Betrieb eines Verdichters der Marke 2V-30/7 infolge großer Luftstrompulsationen in der Druckleitung, zu starken Vibrationen des Verdichters und einer Beschädigung des Rücklaufventils. Um die Arbeitsweise der Verdichteranlage im Druckleitungsbereich zu normalisieren, wurde ein kombinierter Druckpulsations-Rückdämpfer eingebaut (Abb. 1).

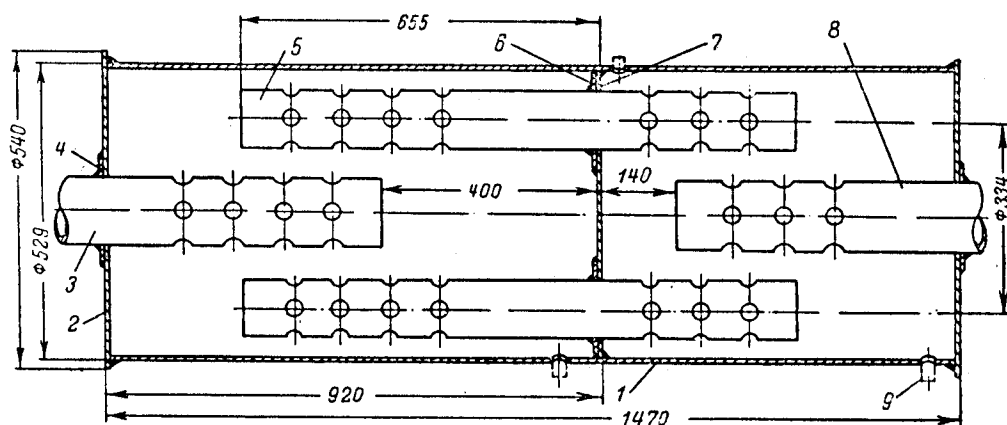


Abb. 1. Druckpulsations-Dämpfer.

- 1) Rohr (Durchmesser 529 x 6);
- 2) Boden (dieser sollte um 8 - 10 mm versetzt ins Gehäuse eingeschweißt werden);
- 3) Rohr (Durchmesser 433 x 4);
- 4) Ring (Durchmesser 190);
- 5) Rohr (Durchmesser 108 x 3, Länge 1 000 mm);
- 6) Ring (Durchmesser 160);
- 7) Zwischenwand;
- 8) Rohr (Durchmesser 133 x 4);
- 9) Stützen.

Unter Verwendung der Methode der ebenen Wellen konstruierte P. A. Gladkich ein Diagramm (Abb. 2), mit dessen Hilfe man die Ringresonatoren berechnen kann [3]. In diesem Diagramm stellt  $f/f_2$  das Verhältnis der Druckpulsationsfrequenz in der Rohrleitung zur Eigenfrequenz des Ringdämpfers und  $\sqrt{q\bar{V}/2S}$  den Dämpfungsfaktor dar.

1) Mosgorsovnarchoz - Moskovskij gorodskoj sovet narodnogo chozjajstva (Anm. d. Übers.)

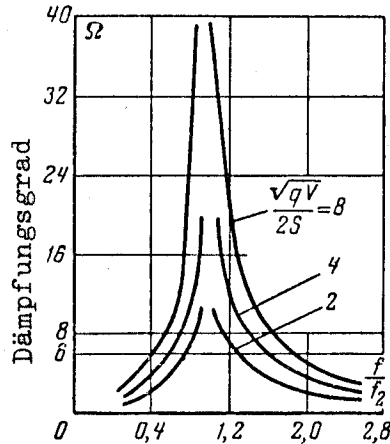


Abb. 2. Diagramm zur Berechnung der Ringresonatoren.

Für die rechnerische Kapazität wurde im Frequenzbereich von 8 bis 12 Hz ein Dämpfungsgrad der Druckpulsation von  $\Omega=6$  gewählt. Im Diagramm bedeutet dies, daß die Frequenz, bei der sich der rechte Ast der Druckpulsationskurve mit der Linie des Dämpfungsgrades 6 überschneidet, eineinhalb mal größer sein muß als die Frequenz, bei der diese Linie den linken Ast schneidet. Diese Bedingungen werden bei einem Dämpfungsfaktor von ungefähr 2 erfüllt. Der Wert  $f/f_2$ , der gleich 0,8 ist, muß der Frequenz 8 Hz entsprechen. Somit ist

$$f_2 = \frac{8}{0,8} = 10 \text{ Hz.}$$

Nach der Formel für die Resonanzfrequenz wurde die Größe des Parameters

$$f_2 = \frac{C}{2\pi} \sqrt{\frac{q}{V}}$$

bestimmt, wonach

$$\sqrt{\frac{q}{V}} = \frac{f_2 \cdot 2\pi}{C} = \frac{10 \cdot 2 \cdot 3,14}{421} = 0,149.$$

Wir verwendeten den Dämpfungsfaktor  $\sqrt{qV}/2S=2$  und die bekannte Querschnittsfläche der Druckleitung und konnten den Wert  $\sqrt{qV}$  bestimmen:

$$\sqrt{qV} = 0,0113 \cdot 2 \cdot 2 = 0,0452 \text{ m}^2.$$

Aus diesen Werten ermittelten wir das notwendige Dämpfervolumen:

$$V = \sqrt{qV} : \sqrt{\frac{q}{V}} = 0,0452 : 0,149 = 0,303 \text{ m}^3.$$

Da es für die Herstellung des Dämpfers zweckmäßig war, das vorhandene Rohr mit einem Durchmesser von 529 x 6 zu verwenden, wurde die Länge des Dämpfers nach der Bedingung

$$l = \frac{V}{\frac{\pi D^2}{4}} = \frac{0,303 \cdot 4}{3,14 \cdot 0,517^2} = 1,45 \text{ m}$$

bestimmt.

Um die Druckpulsation an verschiedenen Punkten der Druckleitung des 2V-30/7-Verdichters bestimmen zu können, wurden Versuche durchgeführt. Während dieser Erprobungen wurden die Verdichterzylinder und die Druckleitung in einzelnen Punkten bis zum Dämpfer, im Dämpfer selbst und nach dem Pulsationsdämpfer oszillographiert. Die Oszillogramme wurden mit Hilfe von Dehnungsdruckgebern, eines TA-5-Verstärkers und eines MPO-2-Schleifenoszillographen aufgezeichnet. Außer der Druckpulsation an den verschiedenen Punkten der Rohrleitung wurden auch der Atmosphärendruck und die Totpunktmarkierung des Verdichterzylinders aufgezeichnet (Abb. 3).

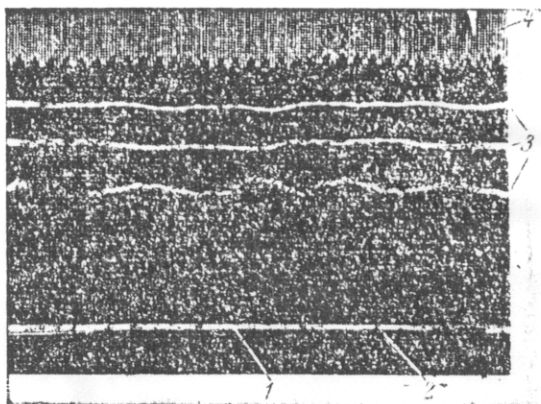


Abb. 3. Oszillogramm der Druckpulsation in der Druckleitung.

- 1) Atmosphärendruck (Nulllinie für den Geber Nr. 1);
- 2) Totpunktmarkierung des Verdichterszylinders;
- 3) Druck in der Druckleitung; Geber Nr. 1, 3, 5 (siehe Abb. 4);
- 4) Zeitmarke.

Bei der Auswertung der Oszillogramme wurden die maximalen und minimalen Druckamplituden ermittelt und die Pulsationsgrade des Förderstroms in der Druckleitung mit dem eingebauten Pulsationsdämpfer bestimmt (siehe Tabelle).

	Stelle, an der der Geber eingebaut wurde (siehe Abb. 4)				
	Nr. 1 am Verdichter teraus- tritt	Nr. 2 vor dem Dämpfer	Nr. 3 im Dämpfer	Nr. 4 vor dem Rück- lauf- ventil	Nr. 5 hinter dem Rück- lauf- ventil
Druckamplitude, kg/cm <sup>2</sup>	0,84	0,73	0,35	0,44	0,34
Mittlerer Druck, kg/cm <sup>2</sup>	7,82	7,76	7,72	7,68	7,65
Pulsationsgrad	0,108	0,094	0,045	0,057	0,044

Der tatsächliche Pulsationsgrad der Strömung in der Anschlußleitung wird gekennzeichnet durch das Verhältnis der absoluten Größe der Druckschwankungen  $P$  zum Mittelwert des Arbeitsdrucks  $P_d$ . Der Pulsationsgrad des Drucks wird gekennzeichnet durch das Verhältnis der Differenz von Maximal- und Minimaldruck zum mittleren Druck, d.h.

$$\frac{P_{\max} - P_{\min}}{P_d} = \frac{\Delta P}{P_d} = \delta_t,$$

wobei  $\delta_t$  den tatsächlichen Pulsationsgrad angibt.

Abb. 4 enthält ein Diagramm über die Veränderung des Pulsationsgrades der Luftströmung je nach Länge der Druckleitung des 2V-30/7-Verdichters. Bei paralleler Arbeitsweise mehrerer Verdichter ändert sich der Pulsationsgrad der Luftströmung in der Druckleitung nur unwesentlich.

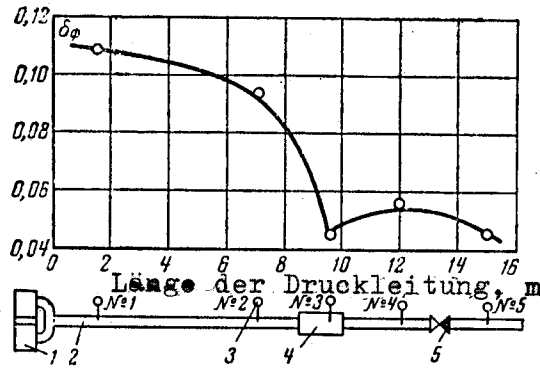


Abb. 4. Veränderung des Pulsationsgrades der Luftströmung je nach Länge der Druckleitung.

- 1) 2V-30/7-Verdichter; 2) Druckleitung; 3) Stellen, an denen die Druckgeber angebracht sind; 4) Druckpulsationsdämpfer; 5) Rücklaufventil.

Aus Abb. 4 geht hervor, daß der Druckpulsationsdämpfer die Pulsationen der Luftströmung praktisch bis auf normale Werte minderte. Der Pulsationsgrad der Strömung im Dämpfer und dahinter beträgt ungefähr 0,05; unmittelbar vor dem Rücklaufventil steigt die Druckpulsation dagegen etwas an, was man durch Schwingungen (ein vibrieren) der Verschlussscheibe des "Pfeifen"-Ventils erklären kann. Zum Verdichter hin nimmt der Pulsationsgrad der Strömung zu, d.h. die Dämpfungseigenschaften des Pulsationsdämpfers nehmen bis auf die der Leitung eigenen Dämpfung ab. Der Pulsationsgrad der Luftströmung in unmittelbarer Nähe des Verdichters, der bei 0,11 liegt, ist für Verdichter mit einer Kurbelwellendrehzahl von 300 - 400 pro Minute normal [3].

Es muß noch hinzugefügt werden, daß der Grad der Pulsationsdämpfung bei den rechnerischen Abmessungen des Dämpfers größer war als der angenommene, da die Berechnung des Dämpfungsgrades nach der Ringresonatoren-Methode durchgeführt wurde. Der kombinierte Rückdämpfer ist effektiver, da er eine Kombination aus einem asymmetrischen Zweikammer-Reihendämpfer und einem Ringresonator darstellt.

Die ermittelten Werte für den Pulsationsgrad der Luftströmung in der Druckleitung des 2V-30/7-Verdichters hinter dem Pulsationsdämpfer sind gleich 0,04 - 0,05, was den Richtwerten nahekommt [4].

## Schlußfolgerungen

1. Durch Einbau eines kombinierten Druckpulsations-Rückdämpfers in die Druckleitung eines 2V-30/7-Verdichters werden die Druckluftpulsationen auf praktisch normale Werte gesenkt, wodurch die Arbeitsweise der Druckleitung, der Verschlüsse und des Verdichters im Gesamten normalisiert wird.
2. Der in die Druckleitung eingebaute Dämpfer läßt sich als Ölabscheider verwenden, wobei man jedoch beachten muß, daß er als Ölabscheider nur bei geringen Temperaturen der zu verdichtenden Luft arbeiten kann.

## L i t e r a t u r

1. Блейхер И. Г., Лисеев И. Л., Компрессорные станции, Машгиз, 1960.

Blejcher, I.G., Liseev, I.L.  
Kompressornye stancii.  
Moskva: Verlag "Mašgiz", 1960.  
[Verdichterstationen; russ.]

2. Гладких П. А., Вибрация оборудования компрессорных станций, Гостоптехиздат, 1957.

Gladkich, P.A.  
Vibracija oborudovanija kompressornych stancij.  
Moskva: Verlag "Gostechizdat", 1957.  
<Vibration der Ausstattung von Verdichterstationen; russ.>

3. Гладких П. А., Устранение пульсации давления в газопроводах, Гостоптехиздат, 1962.

Gladkich, P.A.  
Ustranenie pul'sacii davlenija v gazoprovodach.  
Moskva: Verlag "Gostechizdat", 1962.  
<Beseitigung der Druckpulsationen in Gasleitungen; russ.>

4. Френкель М. Н., Поршневые компрессоры, Машгиз, 1960.

Frenkel', Michail Isaakovič  
Porsnevye kompressory. Teorija, konstrukcija i osnovy proektirovanija.  
Moskva/Leningrad: Verlag "Mašgiz", 1960.  
Deutsche Übersetzung:  
Kolbenverdichter. Theorie, Konstruktion und Projektierung. Übers.v.  
Walter Möbius.  
Berlin: VEB Verlag Technik, 1969.

---

Stuttgart, den 4. Juni 1980

übersetzt von

*Ottmar Pertschi*  
(Ottmar Pertschi)  
Dipl.-Übersetzer