

## COMPARATIVE ANALYSIS OF THE NOISE GENERATED BY HYDRAULIC SYSTEMS WITH CENTRIFUGAL FAN, AT TWO FLOW RATE ADJUSTMENT METHODS<sup>14</sup>

---

**Assist. Prof. Nikolay Kovachev, PhD**

Department of Heat, Hydraulics and Environmental Engineering

“Angel Kanchev” University of Ruse, Bulgaria

Tel.: +359 82 888 498

E-mail: [nkovachev@uni-ruse.bg](mailto:nkovachev@uni-ruse.bg)

***Abstract:** The paper presents a methodology for conducting experimental tests of noise generated by a hydraulic system with a centrifugal fan. Adjustment was performed by 2 methods: by applying Variable-frequency drive at the supplying electromotor and by using inlet guide vanes. The noise analysis were performed, as a function of the adjustment method. The parameters that were measured include- A weighted sound pressure level and sound pressure level in octave bands. A statistical analysis of the obtained values was performed, presenting the histogram of distribution of the sound pressure levels. The normal distribution law and the histograms of the noise values for each second, is performed. This is done for 1000 values for each operating mode of the system. The study concludes the relationship between operating modes of the hydraulic system and the levels of emitted noise. It is important to realise the link between noise and operation and to preserve the health of the workers.*

***Keywords** noise measurements, spectrum, octave bands, centrifugal fan, flow rate adjustment, sound pressure levels*

### ВЪВЕДЕНИЕ

Шумът, емитиран от хидравличните уредби се дължи на редица фактори, като работен режим, състояние на системата, прикачен инвентар и др. Оценката му е важна от хигиенна и диагностична гледна точка. Основно е аеродинамичен и механичен, а от електрическия двигател се емитира и магнитна компонента на емисиите (Mirchev, P., Ovcharov, V., 1981; Vaseghi, S. V., 2006.).

Изследването на шума е важно от гледна точка на оптимизиране на енергетичните параметри на работата на системите и от ограничаване на негативните последици върху лицата, подложени на въздействието му (Томов, V., 2003).

Обект на настоящото изследване е шумът от хидравлична уредба с центробежен вентилатор за високо налягане 19ЦС48.

Цел на работата е да се определи влиянието на метода за регулиране на работните режими на уредбата върху емитирания шум. Поставените задачи са: определяне на параметрите на шума, които ще бъдат измервани – акустични и статистически; разработване на методика за провеждане на изследванията; анализ на резултатите и извеждане на изводи.

### ИЗЛОЖЕНИЕ

#### *Методика*

За провеждане на измерванията е използван е шумомер Svan 971 с вграден октавен филтър, монтиран на трипод в точката с максимални стойности на нивото на звуково налягане, на 1 m от контура на изследваната уредба, и на височина 1,2 m от отразяващата повърхност (Kovachev, N., 2008).

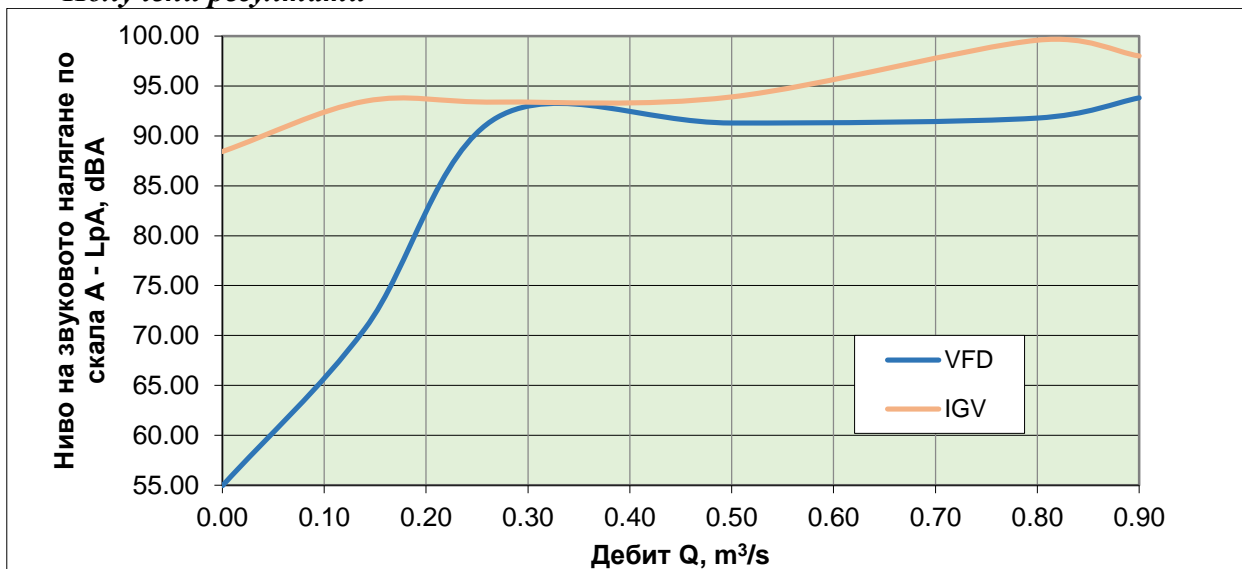
Определени са допълнителни точки за измерване на нивата на шума. След настройване на шумомера и насочване към източника са проведени измерванията. Извършени са 5 измервания с продължителност 1000 s.

---

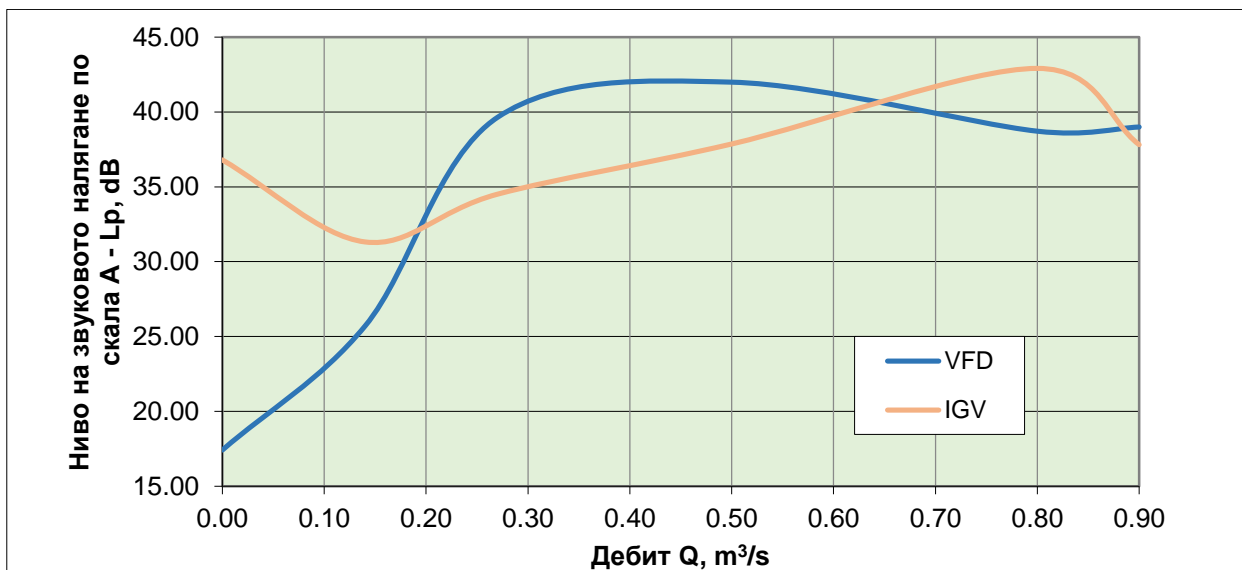
<sup>14</sup> Докладът е представен на онлайн сесията на секция „Топлотехника, хидро и пневмотехника“ на 29 октомври 2021 г. с оригинално заглавие на български език: СРАВНИТЕЛЕН АНАЛИЗ НА ШУМА, ГЕНЕРИРАН ОТ ХИДРАВЛИЧНА СИСТЕМА С ЦЕНТРОБЕЖЕН ВЕНТИЛАТОР ПРИ ДВА МЕТОДА НА РЕГУЛИРАНЕ НА ПОТОКА

Допълнително са проведени измервания с продължителност 15 s при 5 режима за всеки от двата метода (Klimentov, K, S. Stoyanov, S. Stoev, 2017). Всяко измерване се отнася за отделен работен режим на хидравличната уредба. Работните режими се променят, чрез прилагане на всеки от методите, като шумът се измерва при еднакви стойности на дебита, получени при двата метода за регулиране. Следва прехвърляне на данните от шумомера в паметта на компютър и обработка. За обработка са използвани програмите EXCELL и Statistica 13. Двата метода за регулиране, с честотен инвертор и с осов направляващ апарат, са обозначени, като VFD и IGV (от английските букви на устройствата, съответно Variable-Frequency Drive, и Inlet Guide Vanes)

**Получени резултати**

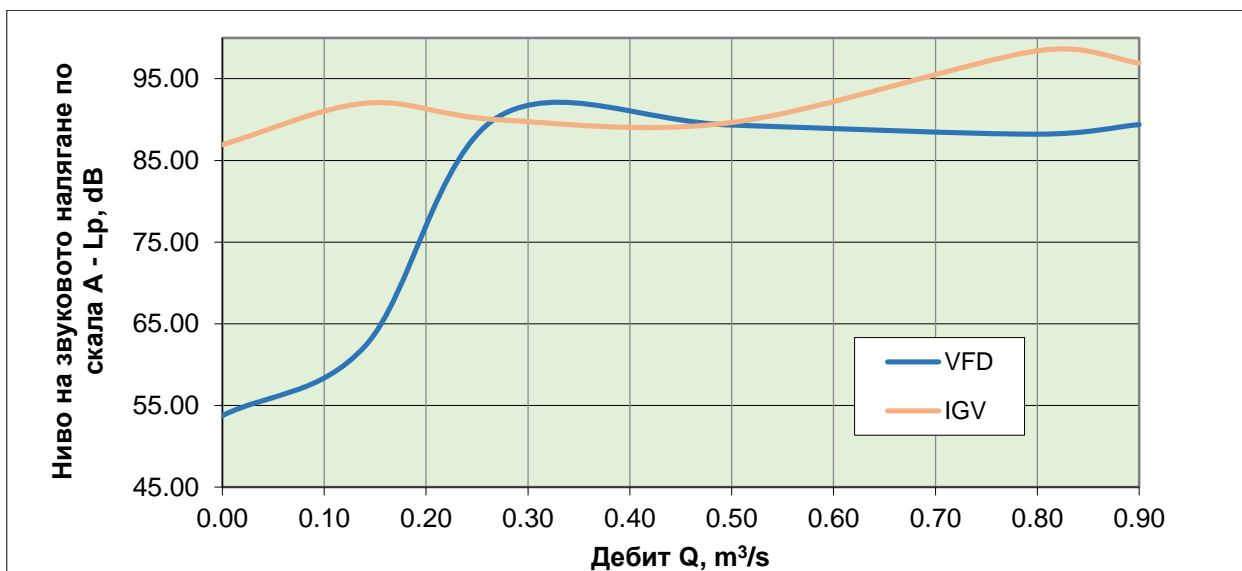


a)

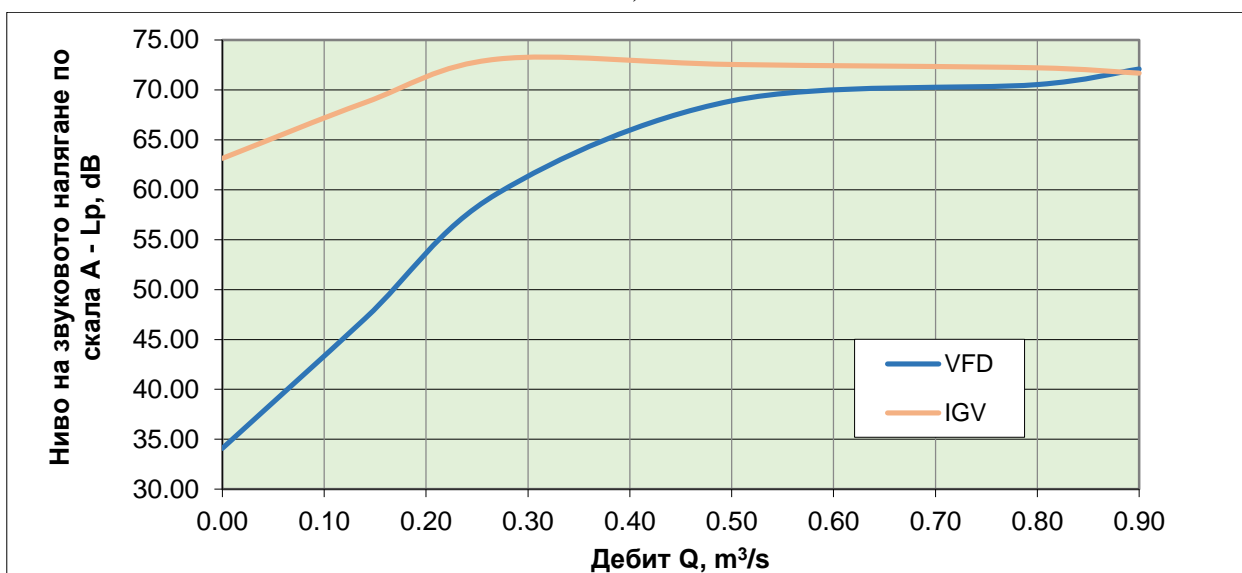


b)

На Фигура 1 са показани зависимостите на нивата на звуково налягане във функция на дебита на вентилатора, измерени при два метода за регулиране – VFD и IGV. На фигура 1a са посочени резултатите от измерване по скала А на шумомера, 1b показва динамиката на стойностите в октавна честотна лента със средногеометрична честота 31,5 Hz, на 1c - октавна честотна лента 500 Hz и 1d- 8 kHz. На Фигура 2 са показани хистограми на разпределение на нивата на звуково налягане, при измерване на 1000 стойности по двата метода за регулиране на дебита. В ляво е с използване на IGV, а вдясно – VFD. 1a е по скала А, 2b в октавна честотна лента със средногеометрична честота 31,5 Hz. 2c - в честотна лента 500 Hz и 2d в честотна лента 8 kHz. Хистограма на разпределение на нивата на звуково налягане, при измерване на 1000 стойности по скала А при максимален дебит е показана на Фигура 3.



c)

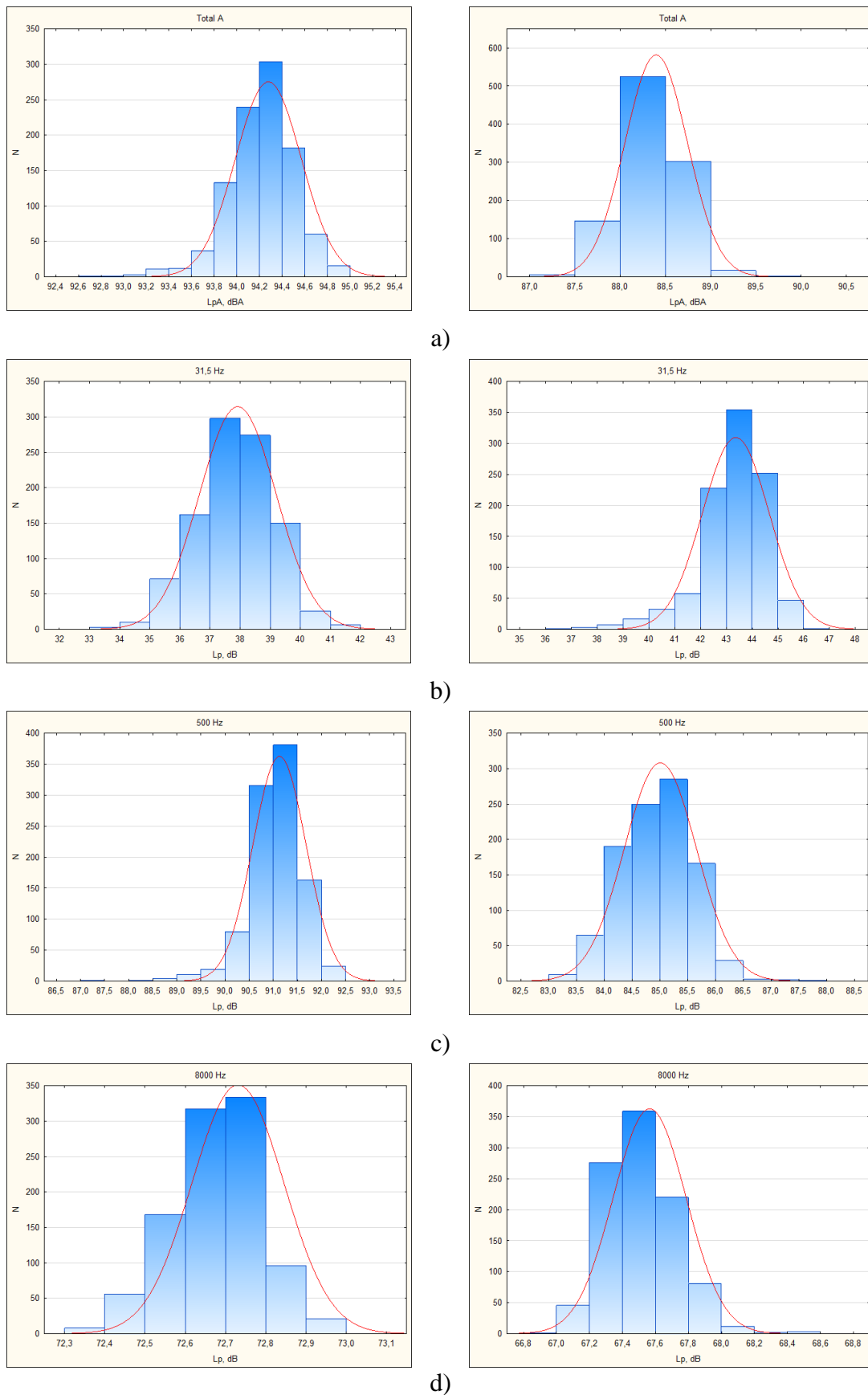


d)

Фиг. 1. Динамика на нивата на звуково налягане във функция на дебита на вентилатора, измерени при два метода за регулиране – VFD и IGD: а) по скала А на шумомера; б) в октавна честотна лента със средногеометрична честота 31,5 Hz; в) в октавна честотна лента със средногеометрична честота 500 Hz; д) в октавна честотна лента със средногеометрична честота 8000 Hz;

Основни параметри на нормалното разпределение на нивата на звуково налягане като средна, минална и максимална стойност, дисперсия, коефициент на вариация, стандартно отклонение, ексцес и асиметричност са обобщени в Таблица 1. Това е направено за дебит  $Q=0,5 \text{ m}^3/\text{s}$  за всяка октавна честотна лента и по скала А на шумомера по 2-та метода за регулиране на дебита и по скала А при максимален дебит  $Q=0,9 \text{ m}^3/\text{s}$ , при които стойностите се припокриват.

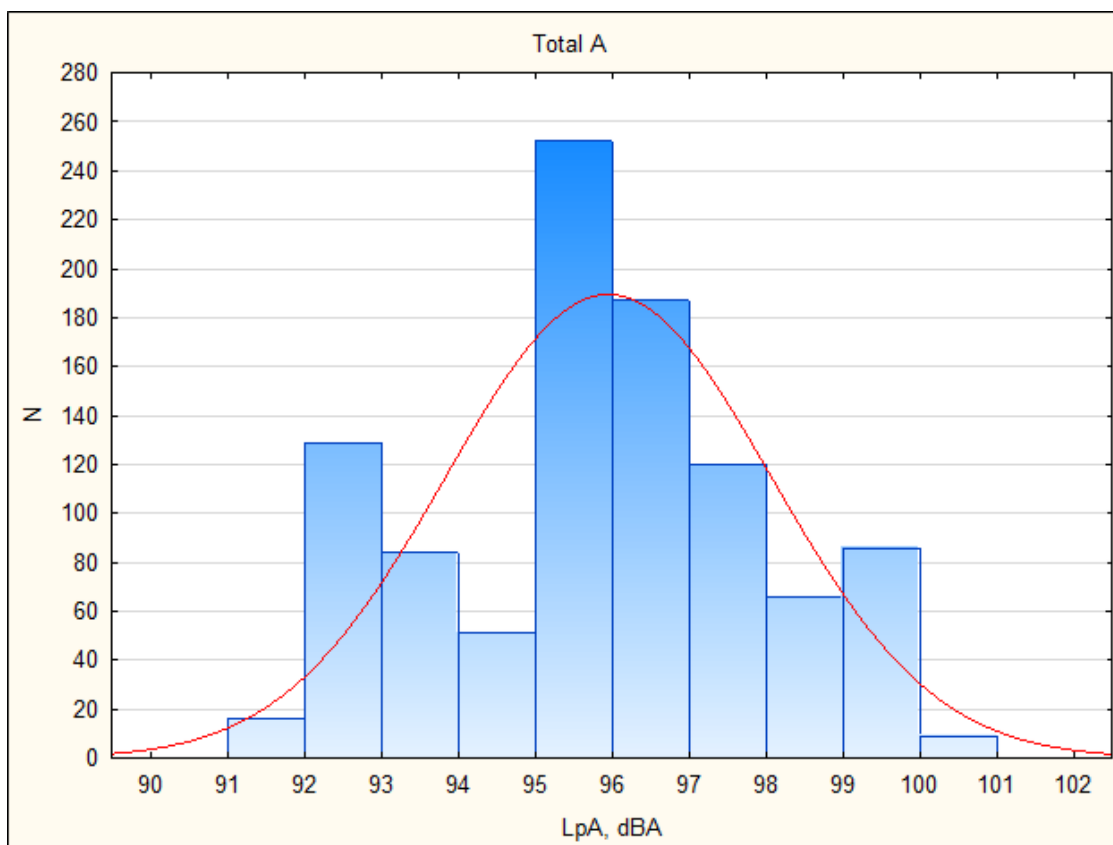
Спектрално разпределение на нивата на звуково налягане при дебит  $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$ , получени при два метода за регулиране – VFD и IGD са показани на Фигура 4.



Фиг. 2. Разпределение на нивата на звуково налягане, при измерване на 1000 стойности по двата метода за регулиране на дебита при  $Q=0,5 \text{ m}^3/\text{s}$ : а) по скала А- ляво IG; дясно – VFD; б) в октавна честотна лента със средногеометрична честота 31,5 Hz - ляво IG; дясно – VFD; в) в честотна лента 500 Hz - ляво IG; дясно – VFD; д) в честотна лента 8 kHz - ляво IG; дясно – VFD;

**Анализ на резултатите**

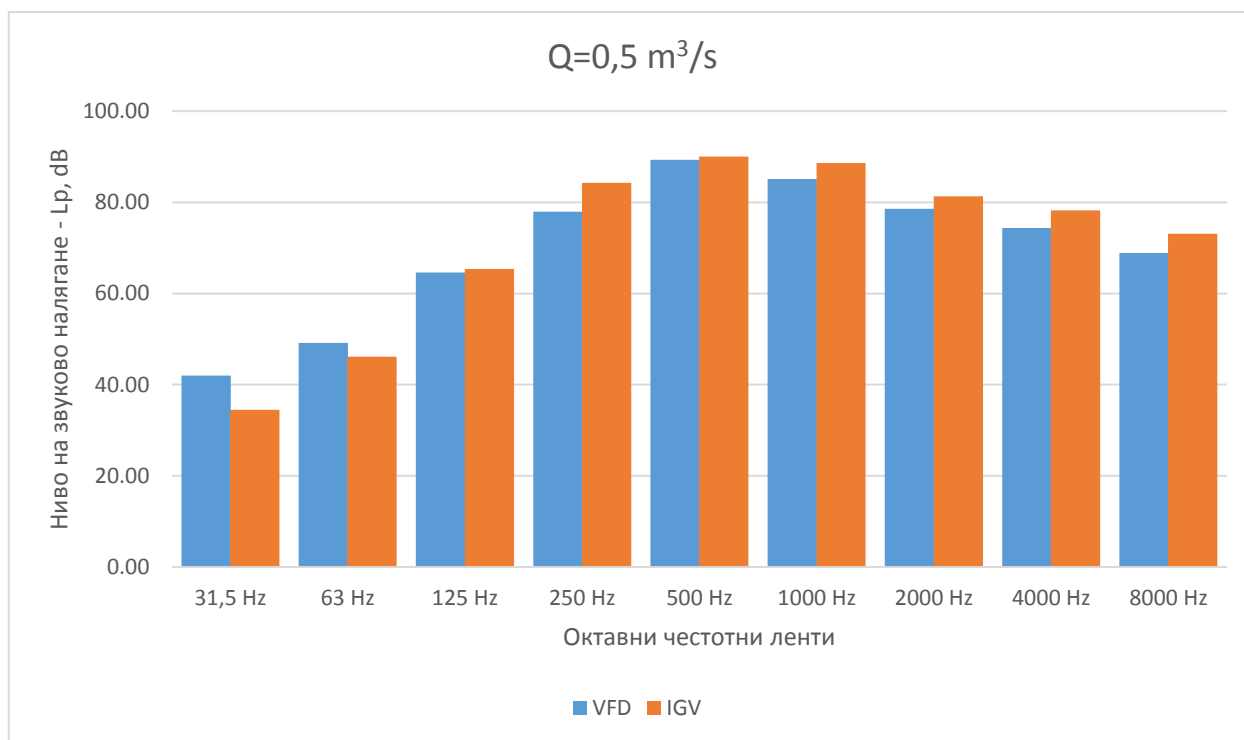
При измерване на шума по скала А на шумомера се наблюдава значителната разлика в стойностите на общите нива на звуково налягане при ниски дебити. Като при регулиране, посредством осов направляващ апарат шумът е значително по висок. Разликите достигат до 34 dBA. При  $Q=0,3 \text{ m}^3/\text{s}$  до  $Q=0,4 \text{ m}^3/\text{s}$  почти липсва разлика, след което отново нараства до около 8 dBA. Тази разлика се дължи на шума, емитиран от уредбата, регулирана посредством осов направляващ апарат, като при използване на честотен инвертор, шумът е почти постоянен в диапазона до  $Q=0,8 \text{ m}^3/\text{s}$ .



Фиг. 3. Хистограма на разпределение на нивата на звуково налягане, при измерване на 1000 стойности по скала А при максимален дебит

Таблица 1. Основни параметри на нормалното разпределение на нивата на звуково налягане

		Q=0,5 m <sup>3</sup> /s							
		Mean	Minimum	Maximum	Variance	Std.Dev.	Coef.Var.	Skewness	Kurtosis
IGV	31,5 Hz	37,89110	33,30000	41,3000	1,610321	1,268984	3,349030	-0,14160	0,010091
	500 Hz	91,10460	87,30000	92,5000	0,302682	0,550165	0,603883	-1,17704	4,578945
	8000 Hz	72,72850	72,40000	73,0000	0,012911	0,113625	0,156232	-0,19753	-0,002056
	Total A	94,26880	92,80000	95,0000	0,084051	0,289915	0,307541	-0,70363	1,978419
VFD	31,5 Hz	43,32250	36,40000	46,1000	1,660324	1,288536	2,974287	-1,21512	2,720170
	500 Hz	84,99700	83,20000	88,0000	0,418890	0,647217	0,761459	0,06292	0,122259
	8000 Hz	67,56050	67,00000	68,6000	0,048398	0,219996	0,325628	0,60328	0,778667
	Total A	88,39050	87,30000	90,0000	0,117597	0,342925	0,387966	-0,08412	0,444156
		Q=0,9 m <sup>3</sup> /s							
Total A		95,92050	91,80000	100,5000	4,431902	2,105208	2,194743	-0,00430	-0,676181



Фиг. 4. Спектрално разпределение на нивата на звуково налягане при дебит 0,5 m<sup>3</sup>/s, получени при два метода за регулиране – VFD и IGD

ISO 3745 2012). Динамиката на стойностите може да се проследи при различните честотни ленти. Ниските честоти показват значителни флуктуации в разликите като функция на дебита. До дебити от порядъка на  $Q=0,2 \text{ m}^3/\text{s}$  разликата започва 22 dB и намалява до 0. Като шумът при регулиране с осов направляващ апарат е по-висок. Следва повишаване на шума при регулиране с честотен инвертор, като при номинален дебит разликата е 7,6 dB и намалява до 0 при  $Q=0,65 \text{ m}^3/\text{s}$ . След това шумът от осовия направляващ апарат се отново увеличава и става преобладаващ.

Средните честоти донякъде следват тенденциите при измерване по скала А. Коего показва концентриране на шума в тази област от честотния спектър.

При високите честоти се наблюдава значителна разлика при малките дебити, която намалява с увеличаване на дебита. До максималния дебит стойностите на шума при регулиране с осов направляващ апарат са по-високи, като разликата намалява от 28 dB при дебит 0, до 3 dB при дебити, близки до максималния дебит.

При статическите анализи на измерванията с продължителност 1000 секунди (1000 стойности) се наблюдават интересни зависимости (Drosg, M., 2007). На фигура 2 са показани хистограмите на разпределение при  $Q=0,5 \text{ m}^3/\text{s}$ , а в Таблица 1 могат да се видят точните стойности. Дисперсията е значителна при ниските честоти и при двата метода на регулиране. Тя е 1,61 при регулиране с осов направляващ апарат и 1,66 при честотен инвертор. Минимална дисперсия при IGV е при максимален дебит – 0,01, докато при VFD тя има стойност 0,04. При максимален дебит стойността е значителна -  $\sigma^2=4,43$ .

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

- Шумът, емитиран от хидравличната уредба, при регулиране с честотен инвертор е значително по-нисък, при ниските дебити до  $0,3 \text{ m}^3/\text{s}$ ;
- До максималния дебит шумът има близки стойности при двата метода на регулиране, като при използване на осов направляващ апарат нивата са малко по-високи;
- Направено е спектрално разпределение на нивата на звуковото налягане в октавни честотни ленти при номинален дебит. Разликите са незначителни при двата метода на регулиране;

- Статистическите анализи показват максимална дисперсия при нормалното разпределение на нивата в лента 31,5 Hz. По-високата стойност е при регулиране с честотен инвертор. С увеличаване на честотата стойностите намаляват и при двата метода значително.
- Значителна дисперсия се наблюдава в нивата при максимален дебит при двата методи, които в този експеримент съвпадат;
- Необходимо е провеждането на допълнителни измервания с цел детайлизиране на функционалните зависимости и обвързване с останалите параметри на уредбата – к.п.д и мощност;

## REFERENCES

Drosg, M. (2007) Dealing with Uncertainties. A Guide to Error Analysis. Springer, Wien, Austria.

EN ISO 3745 2012(E) Third edition. Acoustic-determination of sound power levels and sound energy levels of noise sources using sound pressure – Precision methods for anechoic rooms and hemi-anechoic room. 2012, Switzerland.

Hassall, J.R., K. Zaveri. (1988). Acoustic noise measurements, June Bruel & Kaer, Sweden

Klimentov, K, S. Stoyanov, S. Stoev, (2017), Laboratory equipment for energetic measurements of a centrifugal fan, in accordance with ISO 5801:2007, University of Ruse, Student conference SSC 2016, ISSN 1311-3321. (**Оригинално заглавие:** Станислав С., К. Стоев, научни ръководители: доц. д-р Климент Климентов, гл.ас.д-р Борис Костов, Лабораторна уредба за енергетични изпитвания на центробежен вентилатор съгласно ISO 5801:2007, ISSN 1311-3321, Сборник доклади на студентска научна сесия –СНС'16, Русе, 2017)

Kovachev, N., 2008 Comparable measurement and analyses of the noise, generated by fan Sozopol, International scientific-technical conference, trans & motauto, IX. 2008. с.102-105. (**Оригинално заглавие:** Ковачев Н. Сравнително измерване и анализ на шума на вентилационна уредба. Созопол. XV Международна научно-техническа конференция, trans & motauto, IX.2008. с. 102-105).

Mirchev, P., V. Ovtcharov.1981 Noise from machines and the machine manufacture. Sofia. SE "Techniques" (**Оригинално заглавие:** Мирчев, П. Т., В. Г. Овчаров. Шумът в машините и машиностроителното производство. София, ДИ "Техника", 1981.)

Tomov, V., 2003 Risk Theory. Analyses and risk ratings in the manufacture. Monography. Ruse. University of Ruse. (**Оригинално заглавие:** Томов, В. Теория на риска. Анализ и оценка на риска в производството. Монография. Русе, Русенски университет "Ангел Кънчев", 2003. 440 с.)