

МОДЕЛНИ И СИМУЛАЦИОННИ ИЗСЛЕДВАНИЯ НА ЕНЕРГИЙНИ ПРОЦЕСИ И НА СИСТЕМИ ЗА ОПАЗВАНЕ НА ОКОЛНАТА СРЕДА

ПРОЕКТ 2019-ФАИ-03

Тема на проекта: **Моделни и симулационни изследвания на енергийни процеси и на системи за опазване на околната среда**

Ръководител: проф. д-р Генчо Попов  
Работен екип: доц. Кр. Тужаров, проф. Ил. Илиев, доц. Л. Владимирова, доц. М. Филипова, доц. Кл. Климентов, доц. Пл. Мънев, доц. Пл. Мушак, д-р И. Николаев, д-р Ж. Ковачев, д-р П. Златев, д-р В. Добринов, д-р Н. Ковачев, д-р Б. Костов, инж. Н. Новак, инж. И. Пенев, инж. Анг. Стефанова, инж. Ир. Цветанова, инж. Ем. Велков, инж. Н. Иванова, инж. Д. Хъричкова.

Адрес: 7017 Русе, ул. "Студентска" 8, Русенски университет "Ангел Кънчев"  
Тел.: 082 - 888 580  
E-mail: gpopov@uni-ruse.bg

Цел на проекта: **Моделни изследвания на енергетичните и шумови показатели и характеристики на хидравлични и топлинни устройства и системи и екологичното въздействие на замърсяването на атмосферния въздух за района на гр. Русе**

- Основни задачи:
- Изследване и анализ на енергоефективността на работните режими на вентилаторни системи и методи за тяхното постигане.
  - Разработване на методика и експериментално определяне на параметрите при различни работни режими на топлообменния апарат и компютърно симулиране на изследваните процеси и определяне на коефициентите на топлопредаване и на топлопреминаване.
  - Моделиране на процесите и прогнозиране на мерки за намаляването на замърсяването на атмосферния въздух в региона на град Русе.
  - Разработване на методика и експериментално изследване на шума на вентилаторна уредба при различни методи за регулиране на дебита.

- Основни резултати:
- Изследване е енергийната ефективност на три метода за регулиране на дебита на вентилаторни системи с три вентилатора с различна специфична честота на въртене. Чрез методите на анализа на размерностите са получени безразмерни комплекси, с помощта на които могат да се правят количествени анализи на вентилаторни системи за транспорт на флуиди.
  - Чрез числено моделиране са изследвани процеси на конвективен топлообмен при движение на флуид в канал и на процеси на топлопроводност в ребрата на „водо-въздушен“ конвектор. Експериментално са определени основните топлообменни параметри на двустепенен топлообменен апарат, използван като топлинен конвектор в термопомпена инсталация.
  - Изследвана е зависимостта между някои параметри, характеризирани замърсяването с ФТЧ на атмосферния въздух в региона на град Русе, като влажност на въздуха и атмосферно налягане, анализирани са резултатите и е направено прогнозиране на мерки за намаляването на замърсяването.
  - Опитно е изследван шумът, генериран от вентилаторна уредба с центробежен вентилатор, при два метода на регулиране на дебита – честотно и чрез осов направляващ апарат при входа на вентилатора.

Публикации: 11 бр.

АНОТАЦИЯ

Моделни и симулационни изследвания на енергийни процеси и на системи за опазване на околната среда

Проведените изследвания при изпълнението на този проект са свързани с изследвания чрез моделиране и симулиране на различни процеси в хидравличната и топлинната техника, в системи за опазване на околната среда, както и на екологичното въздействие върху околната среда на конкретни процеси и замършители.

- Тези модели изследвания са от следните изследователски области:
- Моделни изследвания на хидравлични системи и машини.
  - Симулационни и експериментални изследвания на топлообменни апарати.
  - Изследване на замършителите на атмосферния въздух в региона на град Русе и прогнозиране на мерки за неговото намаляване.
  - Моделиране на емисиите шум на вентилаторна уредба при различни методи за регулиране на дебита в системата.

В първата област изследванията са насочени към изследване енергийната ефективност на системи за транспорт на флуиди, както и на работни процеси в хидравлични машини. Изследвана е енергийната ефективност на три метода за регулиране на вентилаторни системи с центробежни вентилатори: регулиране с променя частотата на въртене на вентилатора, регулиране с осов входен направляващ апарат и регулиране чрез дроселиране на течението с помощта на дроселиращо устройство, монтирано в системата. Установена е степента на влияние върху ефективността и е направена съвместна между дроселирането регулиране и регулирането с входен направляващ апарат.

Като са използвани уравненията за ламинарно течение между успоредни плочи и баланса на дебитите на обемните загуби във всяко едно от изолитраните в уплътнителната зона междузъбния в помпи с несиметрични зъби, е съставена система алгебрични уравнения, чрез които е извършено числено изследване характера на изменението на налягането в междузъбния, намиращ се в уплътнителната зона на помпата.

Във втората част на проекта са дадени резултатите от симулационните изследвания на двустепенен „водо-въздушен“ топлообменен апарат, предназначен за топлинен консуматор в лабораторна реверсивна термопомпена инсталация. Числено са изследвани процесите на топлообмена в тръбите и в ребрата на „водо-въздушен“ конвектор, в резултат на което са определени коефициентите на топлопредаване. Чрез експериментално изследване са определени основните топлообменни параметри на разработения двустепенен „водо-въздушен“ топлообменен апарат.

По отношение на системите за опазване на околната среда изследванията са в две направления. Изследвано е нивото на концентрация на фини прахови частици (PM10) за региона на гр. Русе. Показано е, че за януарските месеци то зависи от атмосферното налягане (за 2012, 2013 и 2016 г.) и от относителната влажност (за 2016 г.). Създаден е регресионен модел за концентрацията на ФТЧ 10 в зависимост от атмосферното налягане и относителната влажност. Той може да се използва за допълнително проучване на нивата на концентрацията на ФТЧ 10 и факторите (включително атмосферните характеристики), които влияят върху тях.

Второто направление е свързано с шумовото замърсяване на околната среда. Изследванията са свързани с установяване влиянието на методите на регулиране на дебита върху характера на емисиите шум в околната среда на инсталация с центробежен вентилатор. Експерименталните изследвания са на хидравлична уредба, в която основен елемент е центробежен вентилатор. С помощта на поддържащ софтуер е извършена статистическа обработка на опитните резултати и на тяхна база е извършен сравнителен анализ по отношение на генерирания шум при различните методи за регулиране дебита на вентилаторна система.

PROJECT 2019-FAI-03

Project title: **Modeling and simulation studies of energetic processes and systems for environmental protection studies**

Project director: Prof. Gencho Popov, PhD

Project team: Assoc. Prof. K. Tujarov; Prof. I. Iliev, PhD; Prof. L. Vladimirov, DSc; Assoc. Prof. M. Philipova, PhD; Assoc. Prof. K. Klimentov, PhD; Assoc. Prof. P. Manev, PhD; Assoc. Prof. P. Mushakov, PhD; I. Nikoliev, PhD; Z. Kolev, PhD; P. Zlatev, PhD; V. Dobrinov, PhD; N. Kovachev, PhD; B. Kostov, PhD; eng. N. Novakov; eng. Y. Penev; eng. A. Stefanova; eng. K. Tsvetanova; eng. E. Velkov; eng. N. Ivanova; eng. D. Hvirchikova

Address: University of Ruse, 8 Studentska str., 7017 Ruse, Bulgaria  
Phone: +359 82 - 888 580  
E-mail: gpopov@uni-ruse.bg

Project objective: **Model studies of the energy and noise indicators and characteristics of hydraulic and heat systems and devices, and the impact of atmospheric air pollution upon the environment at the region of Rousse**

- Main activities:
- Study and analysis of the energy efficiency of ventilation systems operating modes and methods for their achievement.
  - Development of methodology and experimental determination of parameters under different operating modes of heat exchange equipment and computer simulation of the studied processes and determination of overall and convective heat transfer coefficients.
  - Modeling of the processes and prediction of measures to reduce of the atmospheric air pollution at Rousse region.
  - Development of methodology and experimental study of the noise, emitted by hydraulic system with centrifugal fan under different flow control methods.

- Main outcomes:
- Energy efficiency of three flow rate control methods of fan systems with three fans of different specific rotational speeds has been studied. Based on dimensional analysis methods reduced dimensionless complexes, allow to make quantitative analyses of fan systems for fluid transportation.
  - Numerical models were developed to simulate heat exchange processes in the lamella of "water-air" heat transfer equipment as well as methodologies for determining the heat transfer coefficients. Experimentally were defined main heat exchange parameters of two-staged heat transfer device used as heat consumer in installation with thermal pump.
  - The relation between some parameters characterizing the pollution of the atmospheric air at Ruse region with PM, such as air humidity and atmospheric pressure is studied, the results were analyzed and prediction of measures for pollution reduction is carried out.
  - The noise generated by a hydraulic system with centrifugal fan under two flow rate control methods - with varying the frequency and axial inlet device was measured experimentally.

Публикации: 11 бр.

ИЗСЛЕДВАНЕ ВЛИЯНИЕТО НА МЕТОДА НА РЕГУЛИРАНЕ ВЪРХУ ЕНЕРГИЙНАТА ЕФЕКТИВНОСТ НА ВЕНТИЛАТОРНИ СИСТЕМИ

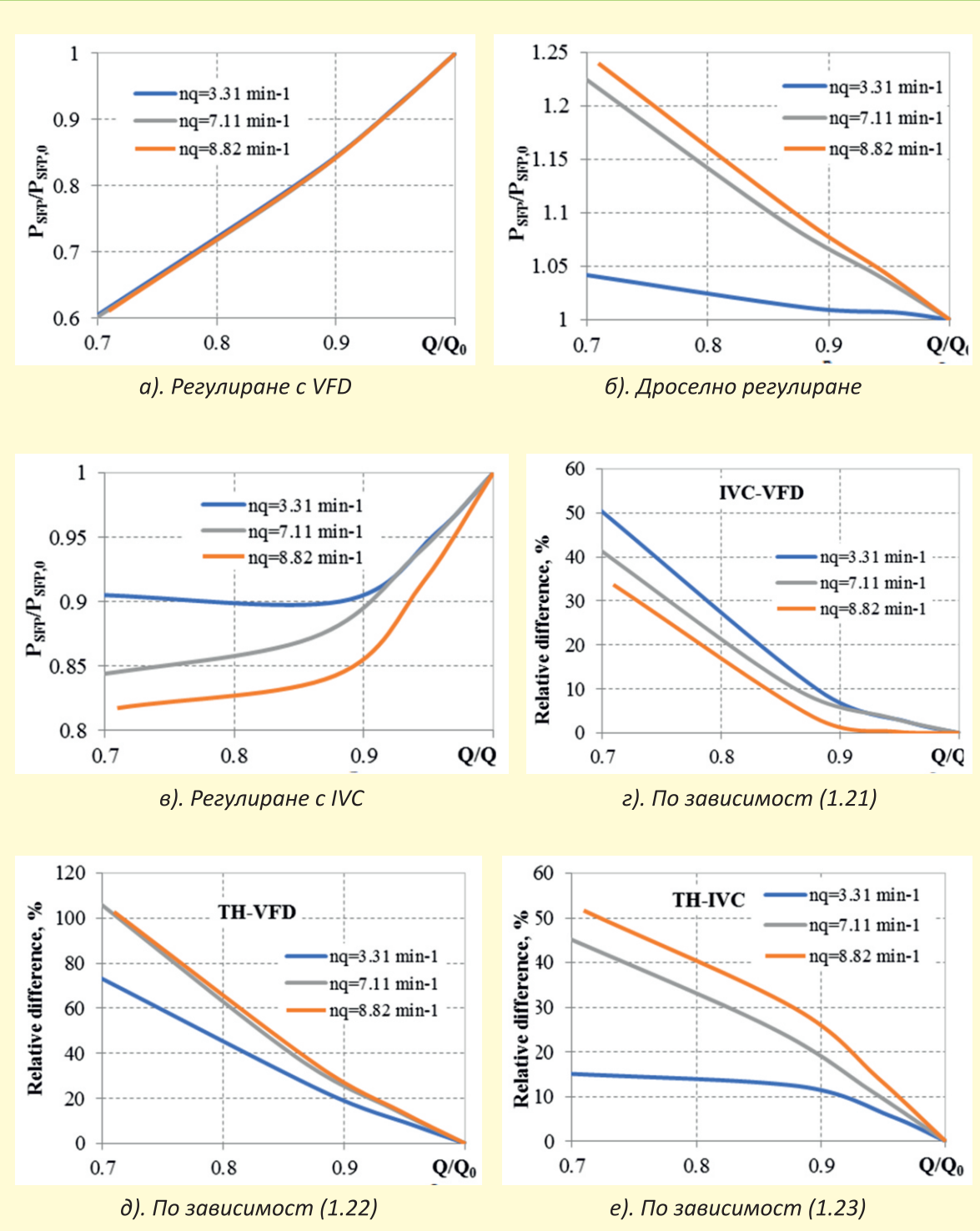


Fig. 1. Сравнителни резултати от изследване на вентилатори C8-18, C5-40 и C4-50 със специфични честоти на въртене съответно  $n = 3.31; 7.11; 8.82 \text{ min}^{-1}$  при различни методи на регулиране

ИЗСЛЕДВАНЕ ИЗМЕНЕНИЕТО НА НАЛЯГАНЕТО В МЕЖДУЗЪБНИЯТА ПРИ ЗЪБНИ ПОМПИ СЪС СИМЕТРИЧНИ И НЕСИМЕТРИЧНИ ЗЪБИ

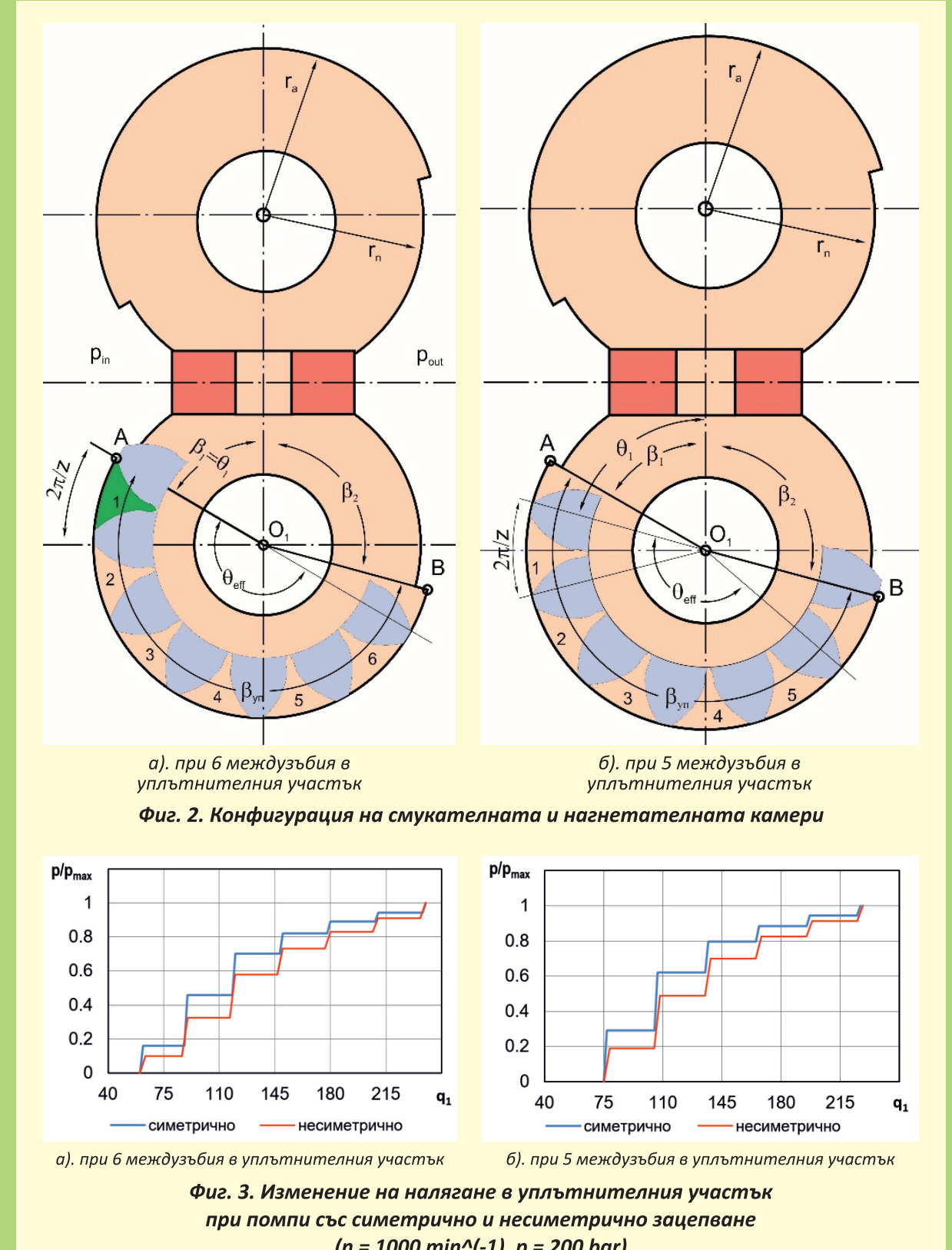


Fig. 3. Изменение на налягането в уплътнителния участък при помпи със симетрични и несиметрични зъбове ( $n = 1000 \text{ min}^{-1}$ ,  $p = 200 \text{ bar}$ )

ИЗСЛЕДВАНЕ НА ЗАМЪРСЯВАНЕТО НА АТМОСФЕРНИЯ ВЪЗДУХ ПО ОТНОШЕНИЕ НА НЯКОИ СПЕЦИФИЧНИ ЗАМЪРСИТЕЛИ, ВЛИЯНИЕТО ИМ ВЪРХУ ЗДРАВЕТО НА ХОРАТА И МЕРКИ ЗА ОПАЗВАНЕТО МУ В ГР. РУСЕ

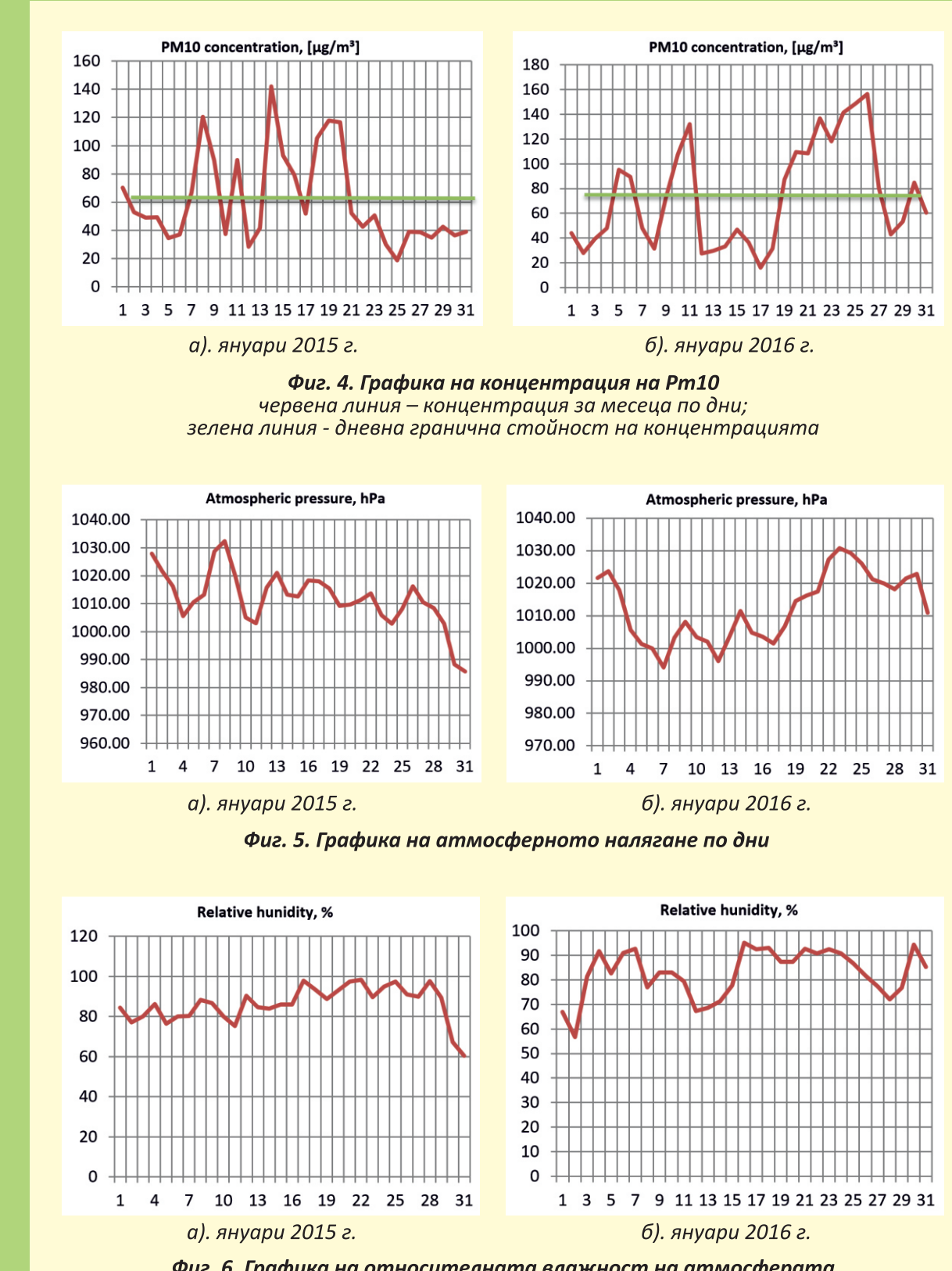


Fig. 6. Графика на относителната влажност на атмосферата

ОЦЕНКА НА ШУМОВИТЕ ПОКАЗАТЕЛИ И ХАРАКТЕРИСТИКИ НА ХИДРАВЛИЧНИ И УСТРОЙСТВА И СИСТЕМИ

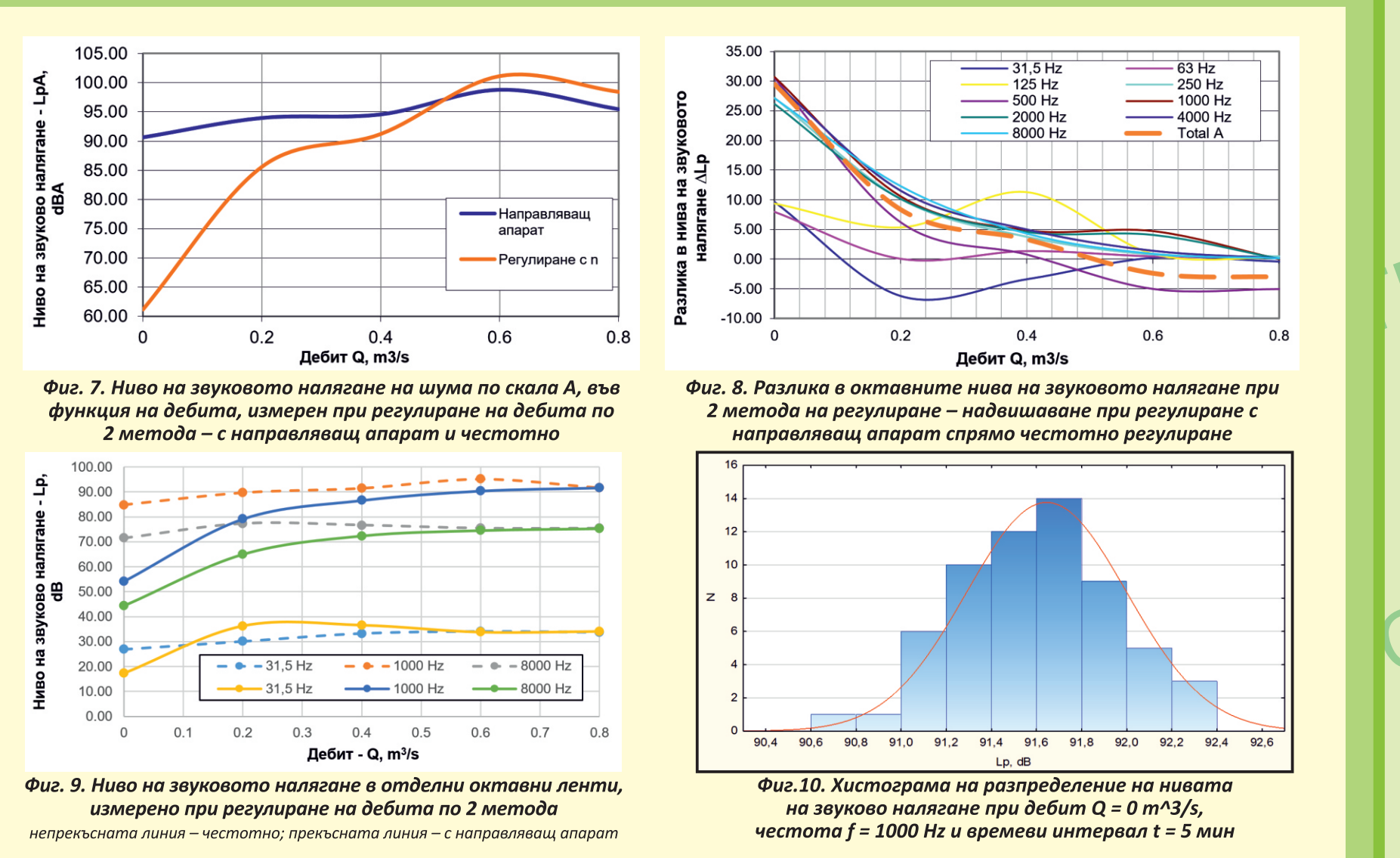


Fig. 10. Хистограма на разпределение на нивата на звуково налягане при дебит  $Q = 0 \text{ m}^3/\text{s}$ , честота  $f = 1000 \text{ Hz}$  и времеви интервал  $t = 5 \text{ min}$

ИЗСЛЕДВАНЕ НА ДВУСТЕПЕН „ВОДО-ВЪЗДУШЕН“ ТОПЛОБМЕНЕН АПАРАТ, ПРЕДНАЗНАЧЕН ЗА ТОПЛИНЕН КОНСУМАТОР В ЛАБОРАТОРНА РЕВЕРСИВНА ТЕРМОПОМПЕНА ИНСТАЛАЦИЯ

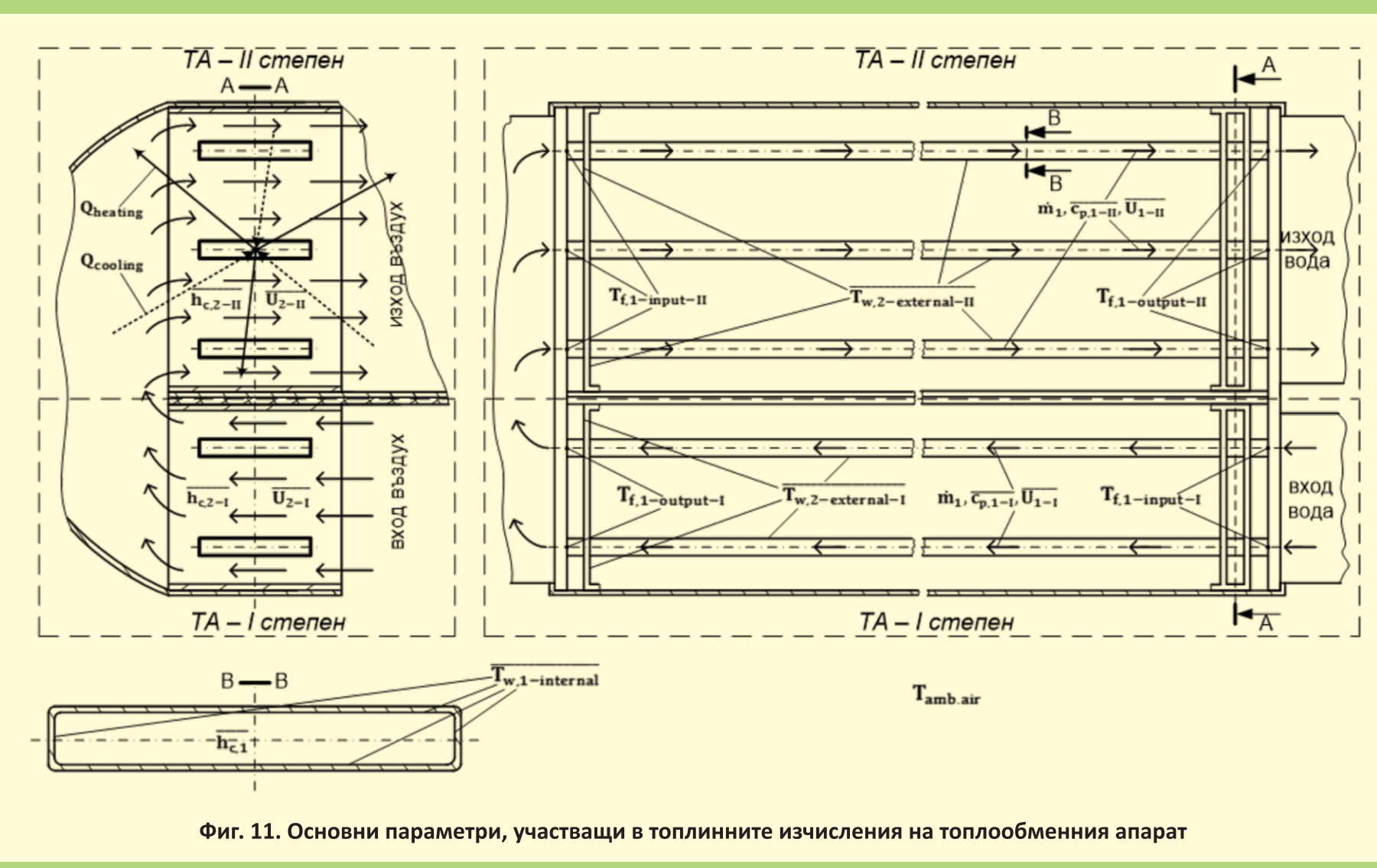


Fig. 11. Основни параметри, участващи в топлинните изчисления на топлообменния апарат