

◆ **НАУЧНАТА КОНФЕРЕНЦИЯ РУ&СУ'14 СЕ ОРГАНИЗИРА ОТ:**

- Русенския университет и
- Съюза на учените - Русе

**ПОД ПАТРОНАЖА НА:**

- Министерството на образованието и науката;
- Съюза на учените в България

◆ **ОРГАНИЗАЦИОНЕН КОМИТЕТ**

• **Председател:**

проф. д.т.н. Христо Белоев, DHC mult.

• **Научен секретар:**

проф. д-р Ангел Смрикаров

• **Технически секретар:**

Валентина Мирчева

• **Членове:**

проф. д.п.н. Антоанета Момчилова

проф. д-р Велизара Пенчева

проф. д-р Златоживка Здравкова

проф. д-р Иван Палов

доц. д-р Калоян Стоянов

доц. д-р Цветан Димитров

доц. д-р Стоян Стоянов

доц. д-р Теодор Илиев

доц. д-р Валентин Иванов

доц. д-р Наталия Неделчева

доц. д-р Мими Корнажева

доц. д-р Румяна Петрова

доц. д-р Милена Костова

доц. д-р Светломир Пенев

гл. ас. д-р Велислава Донева

доц. д-р Кремена Раянова

доц. д-р Стефан Янев

доц. д-р Николина Ангелова

◆ **РЕДКОЛЕГИЯ:**

• **Председател:**

проф. д-р Ангел Смрикаров

• **Членове:**

проф. д-р Диана Антонова

доц. д-р Калоян Стоянов

доц. д-р Стоян Стоянов

доц. д-р Теодор Илиев

доц. д-р Валентин Иванов

доц. д-р Емилия Великова

доц. д-р Стефан Янев

доц. д-р Цветан Димитров

доц. д-р Тодорка Георгиева

гл. ас. д-р Антонина Димитрова

◆ **РЕЦЕНЗЕНТИ НА ДОКЛАДИТЕ:**

проф. д-р инж. Генчо Попов

проф. д.ик.н. Владимир Томов Владимиров

проф. д.т.н. Николай Петров

доц. д-р инж. Валентин Бобилев

доц. д-р инж. Красимир Тужаров

доц. д.н. Любомир Владимиров

доц. д-р Маргаритка Филипова,

доц. инж.-диз. Цветомир Конов

доц. д-р инж. Климент Климентов

гл. ас. д-р инж. Живко Колев

гл. ас. д-р инж. Пенчо Златев

гл. ас. д-р инж. Пламен Мънев

гл. ас. д-р инж. Николай Ковачев

гл. ас. д-р инж. Венцислав Добринов

гл. ас. д-р инж. Стефко Бурджиев

Том 53, серия 1.2

С Е К Ц И Я

ТОПЛОТЕХНИКА, ХИДРО- И ПНЕВМОТЕХНИКА

П О Д С Е К Ц И Я

Топлотехника

1. **Thermochemical Gasification of Agricultural Residues**  
Uzuneanu Krisztina, Ion V. Ion ..... 12
2. **Preliminary Tests in order to assess the Pollutant Emissions of a New Designed Lignite Burner**  
Lucian Mihăescu, Gabriel Negreanu, Ionel Pîșă, Viorel Berbece, Ion Oprea, Adrian Adam ..... 17
3. **Constructive Layout of a Multifunction 400kW Boiler for Wooden and Agricultural Biomass**  
Lucian Mihăescu, Emil Enache, Gheorghe Lăzăroiu, Ionel Pîșă, Viorel Berbece, Elena Pop, Gabriel Negreanu..... 22
4. **Forest Biomass Characteristics in Kosovo**  
***THE BEST PAPER***  
Naser Sahiti, Avni Sfishta ..... 26
5. **Influence of Radiation Losses from Heat Emitting Body on Building Energy Performance**  
Avni Sfishta, Naser Sahiti, Ilia Iliev ..... 31
6. **Анализ на параметрите на различни флуиди като топлоносители в термосифони.**  
Димитър Киров, Таер Мунис ..... 36
7. **Сравнителен анализ на резултатите от измервания на коефициента на топлопроводност на топлоизолационно покритие AKTERM**  
Пенка Златева, Росица Петкова - Слипеч ..... 40
8. **Имплементиране на тримерно моделиране при сгради обследвани по закона за енергийна ефективност с предварително архитектурно заснемане и фотограметрия (Съпоставка и анализ на сгради с проста и сложна геометрия на ограждащите елементи)**  
Зоя Цонева, Пенка Златева ..... 46
9. **Анализ на енергийната ефективност на детски градини в град Габрово**  
Мария Райкова..... 51

10. Някои зависимости при определянето на топлинните загуби в статични опори на топлопроводи чрез използване на термовизионна камера Петър Костов, Чавдар Николов, Койчо Атанасов, Стефан Калчев .....	56
11. Изследване на топлосообменните характеристики на оребрен термосифонен водонагревател Веселка Камбурова, Илия Илиев, Милен Венев .....	61
12. Моделиране и изследване на температурата в камера с двустъпална хладилна машина Пламен Мушаков, Иванка Желева, Иван Георгиев .....	68
13. Водоструен подгревател за утилизация на отпадна топлина Валентин Бобилов, Пенчо Златев, Живко Колев, Пламен. Мушаков .....	73
14. Определяне на специфични топлинни характеристики на нискотемпературна камера Пламен Мушаков .....	77
15. Development and research of porous devises for reconstruction turbo foundation of power plants Alexander Genbach, Vera Baibekova, Hristo Beloev .....	81
16. Research of limit thermal tension in capillary and porous materials of the thermal power installations Alexander Genbach, Bulbul Ongar, Hristo Beloev .....	85
17. Search devices for updating of turbo-seating of power plants Alexander Genbach, Karlygash Olzhabayeva, Hristo Beloev .....	89
18. Маслоохладители паровых турбин электростанций с пористыми элементами Александр Генбач, Карлыгаш Олжабаева, Христо Белолев .....	94
19. Исследование капиллярно-пористой системы охлаждения в подшипниках турбин электростанций Александр Генбач, Вера Байбекова, Христо Белолев .....	101
20. Особенности моделирования и аналогии процессов разрушения хрупких капиллярно-пористых покрытий в случае облучения их факелом горелки Генбач А .А., Белолев Хр. Ив., Онгар Б. ....	110

**ПОДСЕКЦИЯ**

**Хидро- и пневмотехника**

21.	<b>Differential equation for turbulent flow</b> Ivan Antonov, Rositsa Velichkova, Svetlin Antonov.....	118
22.	<b>Integral model of vertical non-isothermal flat jets</b> Rositsa Velichkova.....	123
23.	<b>Vertical non-isothermal turbulent jet flowing over a flat opening</b> Rositsa Velichkova.....	128
24.	<b>Influence side position jet of under distribution of axis symmetric non-isothermal jet</b> Ahmed Al Delemi .....	133
25.	<b>Influence of environment at distribution of non-isothermal jet</b> Ahmed Al Delemi .....	137
26.	<b>Specifics in numerical modeling of flow past a square-cylinder</b> Angel Terziev.....	142
27.	<b>On the Influence of the pressure difference on air curtain behavior</b> Emanuil Georgiev, Detelin Markov, Peter Stankov.....	148
28.	<b>Current state overview of methodologies and tools for wind flow modelling over complex terrains</b> Kiril Mavrov .....	153
29.	<b>On the Influence of Indoor Temperature on Occupant's Performance</b> Detelin Markov, Peter Stankov, Iskra Simova, Martin Ivanov, Nushka Kehayova, Emanuil Georgiev .....	158
30.	<b>Моделиране на въздухопропускливостта през поръзни текстилни структури</b> Радостина Ангелова, Мирослав Кьосов .....	164
31.	<b>Model build up for numerical study of the velocity field characteristics of jet flow in the work zone of small aerodynamic tunnel, by using LES method</b> Martin Ivanov, Sergey Mijorski .....	169
32.	<b>Results from numerical study of the velocity field characteristics of jet flow in the work zone of small aerodynamic tunnel, by using LES method</b> Sergey Mijorski, Martin Ivanov .....	174
33.	<b>Числени резултати за функцията на тока <math>\psi</math> при движението на флуид в цилиндричен реактор с механично разбъркване с две бъркалки за различни стойности на числото на Рейнолдс <math>Re</math> в интервала <math>100 \leq Re \leq 1000</math></b> Анна Лечева, Иванка Желева, Милен Неделчев .....	179

34.	<b>Моделна вятърна турбина</b> Валентин Обретенов, Цветан Цалов, Петър Марчев .....	187
35.	<b>Methodology for Numerical Modeling the Performance of Vertical Axis Wind Turbines</b> Ahmed Ahmedov, Krasimir Tujarov, Gencho Popov .....	193
36.	<b>Основни хидравлични зависимости за една конструкция телескопичен цилиндър със синхронизация</b> Петко Цанков, Йорданка Славчева .....	201
37.	<b>Енергийна ефективност на работни хидравлични турбомашини</b> Тодор Чакъров.....	207
38.	<b>Хидравлична задвижваща система с включен дискретен ПИД-регулатор и импулсна модулация</b> <i>THE BEST PAPER</i> Илчо Ангелов, Александър Митов, Йордан Кралев .....	212
39.	<b>Стенд за изпитване на електрохидравлични кормилни управления тип OSPE 200“</b> Александър Митов, Никола Станчев, Илчо Ангелов .....	219
40.	<b>Методика за изследване на дълговечността на хидравлични задвижващи системи с последователно разположени елементи</b> Илчо Ангелов.....	225
41.	<b>Изследване на преходните процеси в автоматична система за регулиране на двукратна водна турбина (част I)</b> Красимир Орманджиев, Стоян Стоянов .....	232
42.	<b>Изследване на преходните процеси в автоматична система за регулиране на двукратна водна турбина (част II)</b> Красимир Орманджиев, Стоян Стоянов .....	238
43.	<b>Експериментално изследване честотните характеристики на електропневматична позиционираща система</b> Георги Илиев; Христо Христов; Ангел Анчев .....	243
44.	<b>Some geometric parameters impact to the static characteristics of a pilot operated pressure relief valves</b> Sasko Dimitrov, Simeon Simeonov, Slavco Cvetkov .....	248
45.	<b>Определяне на затворения обем в междузъбията при зъбни помпи с несиметрични еволвентни зъби</b> Генчо Попов, Уисам Мхана, Огнян Алипиев, Ивайло Николаев...	254
46.	<b>Автоматизирана уредба за изпитване на зъбни помпи</b> Ивайло Николаев, Генчо Попов, Уисам Мхана, Красимир Тужаров, Юлиан Ангелов.....	263
47.	<b>Distribution of gaseous pollutants at impact of the wind</b> Asem Kaddah, Rositsa Velichkova, Kamen Nikolov .....	270

**С Е К Ц И Я**

**ЕКОЛОГИЯ И ТЕХНИКА  
ЗА ОПАЗВАНЕ НА ОКОЛНАТА СРЕДА**

**С Ъ Д Ъ Р Ж А Н И Е**

1. **Эколого- экономическая эффективность ресурсосберегающей технологии в условиях агроэкосистемы Юго-Востока Казахстана**  
Сулейменова Назия, Махамедова Баглан, Маргарита Филипова, Жараспаева Сандугаш ..... 271
2. **Computer Application of the New Generation in the Simulation of Climate Change**  
Gordana Đorđević, Larisa Jovanović, Zoran Čajka ..... 278
3. **Создание скороспелых сортов сои методами традиционной селекции на востоке Казахстана**  
Светлана Диддоренко, Кудайбергенов Мухтар, Шилина Юлия Николаевна, Аbugалиева Айгуль Изтелеуовна, Сулейменова Назия Шукеновна ..... 283
4. **Effect of organic – mineral substrates on tomato fruits biochemical composition and yield in low volume hydroponic growing in a South-east Kazakhstan**  
Guljan Kusainova ..... 291
5. **Экологическое испытание перспективных сортов салата в условиях юго-востока Казахстана**  
Гульжан Кусаинова, Смагулова Д.А. .... 298
6. **Развитие на международната система на мониторинг и прогнозиране на бедствия и аварии с природен и техногенен произход**  
Маргарита Филипова, Стефко Бурджиев ..... 303
7. **Възможности за международното сътрудничество при трансгранични и трансрегионални преноси на опасности**  
Стефко Бурджиев, Маргарита Филипова ..... 310
8. **Правна регламентация за третирането на излезли от употреба гуми от транспорта**  
Маргаритка Филипова, Иванка Желева, Джихан Менсеидов, Тодор Димитров ..... 316
9. **Усвояване на принципите в биологичните дисциплини – добра основа за изграждане на правилно екологично мислене**  
Даниела Христова, Венцислав Добринов ..... 321
10. **Анализ на екологичните ефекти от замяна на**

	традиционните зърнено-житни култури с лимец Венцислав Добринов .....	326
11.	<b>Изследване на вътрекварталния шум от железопътния транспорт в град Русе</b> Николай Ковачев .....	329
12.	<b>Придънна приставка за екологосъобразно събиране на двучерупчести с водоподаваща система</b> Пламен Мънев, Светлозар Митев, Евгени Върбанов, Антон Антонов .....	335
13.	<b>Оценка екологического состояния водотоков дельты Волги по структуре донных сообществ</b> Тарасова О. Г., Зайцев В. Ф. ....	340
14.	<b>Приложение на директива 2009/128/ЕО за устойчиво използване на пестициди и неопределеност при изпитване на пръскачки</b> Андрей Андреев, Пламен Мънев, Светлозар Митев .....	345
15.	<b>Правна регламентация за третирането на излезли от употреба автомобилни акумулатори и батерии</b> Иванка Желева, Маргарита Филипова, Тодор Димитров, Джихан Менсеидов .....	351
16.	<b>“Green Ideology” and the Risk for the Environment – Political Aspects, Morphology and Functions</b> Lyubomir Vladimirov, Petya Georgieva .....	357
17.	<b>Air Pollution by Sulphur Dioxide and Nitrogen Oxides during the Tourist Season at the Bulgarian Black Sea Coast</b> <b>THE BEST PAPER</b> Vladimir Tomov, Iliyana Kostova, Lyubomir Vladimirov .....	363
18.	<b>Повишаване енергийната ефективност на аеробно пречиствателно съоръжение с използване на фазово-акумулиращи материали</b> Боян Боянов, Анастас Стоянов, Стефан Недев, Цветанка Михайлова .....	379
19.	<b>Конструктивно разработване на слънчеви системи за аеробни биохимични пречиствателни съоръжения</b> Анастас Стоянов, Стефан Недев, Боян Боянов, Цветанка Михайлова .....	384
20.	<b>Evaluation of the phototoxic effect of drug-like molecules by in silico technologies</b> Milen Todorov .....	389
21.	<b>Origin of securitology as new economic science</b> Liliya Korchevska .....	394
22.	<b>Теоретико – информационни индикатори на екологично опасни икономически дейности</b>	



Николай Петров .....	398
23. <b>Наводненията по Българското Черноморие – заплаха за туризма</b>	
Илияна Костова .....	403
24. <b>Air pollution with fine particulate matter in the Romanian area of the Lower Danube</b>	
Lyubomir Vladimirov, Teodora Hristova .....	409

## С Е К Ц И Я

### ДИЗАЙН И ЕРГОНОМИЯ

#### С Ъ Д Ъ Р Ж А Н И Е

1. <b>Обучение в Русенски университет по факултативна специализация по “Технология на креативността и иновациите”</b>	
Никола Орлоев, Христо Белоев, Михаил Илиев, Камен Узунов ..	415
2. <b>Самоактуализираща се личност</b>	
Георги Георгиев .....	419
3. <b>Графичен синтез „Бизнес и мениджмънт“</b>	
Теодор Кючуков .....	426
4. <b>Компютърни и сериозни игри – същност и приложение. Място на сериозните игри в образованието</b>	
Камен Узунов .....	430
5. <b>Креативно-иновационно решение, при дизайн на лули, с приложение на естествени материали за система “Калабаш”</b>	

#### *THE BEST PAPER*

Десислав Иванов .....	435
6. <b>Използване на CAD системи за генериране на идеи</b>	
Михаил Лепаров .....	438
7. <b>Метод “Различие в еднаквите елементи” за решаване на евристични задачи</b>	
Михаил Лепаров .....	443
8. <b>Един различен поглед към процеса на ефективно предаване на знанието във ВУЗ</b>	
Мирослава Станкова .....	448
9. <b>Дигитално моделиране в модния дизайн</b>	
Яна Василева .....	453

## Some geometric parameters impact to the static characteristics of a pilot operated pressure relief valves

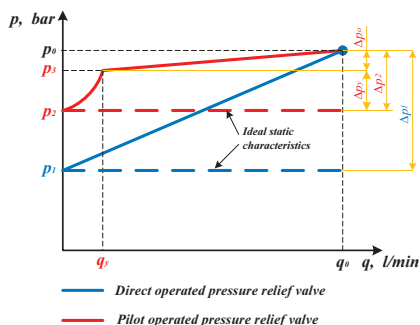
Sasko Dimitrov, Simeon Simeonov, Slavco Cvetkov

**Some geometric parameters impact to the static characteristics of a pilot operated pressure relief valves:** *Some geometric parameters impact to the static characteristics of pilot operated pressure relief valves were investigated in this paper. It has been shown that with introducing a compensating control piston in the pilot line of the conventional design of pressure relief valve improves the static characteristic at the beginning of the opening of the valve i.e. decrease the pressure difference between opening of the pilot valve and the main valve. Also, better static characteristic is achieved if the area of the main valve seat is equal with the main valve poppet area, i.e. when the factor  $\varphi$  is decreasing.*

**Keywords:** *Static characteristic, pressure relief valve, pressure override, flow, pressure,*

### INTRODUCTION

The function of the pressure relief valve in any hydraulic system is to limit the system pressure at previously adjusted value. Main feature of the static characteristic of the pressure relief valves is its slope, i.e. increasing of the adjusted value of the pressure when increasing the flow through the valve. This means that there is an error in the static characteristic. As an example, at fig.1 schematic layout of the static characteristic of direct operated and pilot operated pressure relief valve is shown [3].



**Fig.1. Static characteristic of pressure relief valves**

to  $q_y$  and the second one for inlet flow from  $q_y$  to maximal flow  $q_0$ . Increasing the system pressure in the hydraulic circuit, at pressure value  $p_2$  the pilot valve opens and a little amount of pilot oil flows through it. The main valve is still closed. The pressure in front of the valve continues to increase parabolic until the pressure value  $p_3$  when the main valve opens. At the second zone the pressure increases linearly from  $p_3$  until  $p_0$  as inlet flow increasing up to the maximal value  $q_0$ . Total error of the valve is sum of the error of the pilot valve  $\Delta p_2 = p_3 - p_2$  and of the error of the main valve  $\Delta p_0 = p_0 - p_3$  i.e.  $\Delta p_2 = \Delta p_y + \Delta p_0$ . Comparing the static characteristics of direct operated and pilot operated pressure relief valve it can be seen that the accuracy of the adjusted pressure is with pilot operated pressure relief valve, i.e.  $\Delta p_2 \ll \Delta p_1$ . A disadvantage of the static characteristic of pilot operated pressure relief valve is pressure difference between opening of the pilot and the main valve at first zone of the static characteristic i.e. error of the static characteristic at the beginning of opening of the valve. This error increases energy loss and converted it into heat which leads to increasing of the temperature of the oil and decreasing the efficiency coefficient of the entire hydraulic system [2].

With blue color a static characteristic of direct operated pressure relief valve is presented. The valve opens at pressure value  $p_1$  and with increasing of the inlet flow through the valve the pressure increasing up to  $p_0$  when the entire flow  $q_0$  passes through the valve. As can be seen, there is a deviation from the ideal static characteristic and at flow  $q_0$  the error of the static characteristic is  $\Delta p_1 = p_0 - p_1$ . This error is caused by the deformation of the spring and the hydrodynamic force of the streaming flow [1].

At the static characteristic of pilot operated pressure relief valves, two zones are noted: the first one for inlet flow from 0

In this paper a comparison of theoretical and experimental static characteristic of direct operated and pilot operated pressure relief valve is presented. Few methods of improving of the static characteristic of pilot operated pressure relief valves are outline.

**Theoretical static characteristic of a pilot operated pressure relief valves**

Functional diagram of the investigated pilot operated pressure relief valve is shown on fig.2.

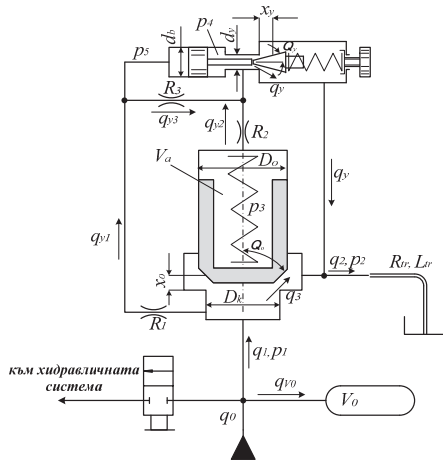


Fig.2. The functional diagram of the valve

or

$$x_y = \frac{p_{4,2} \cdot A_y + p_{2,4} \cdot A_b - c_y \cdot h_y}{c_y + r_y \cdot p_{4,2}} \quad (2)$$

where:  $A_y$  - the area of the seat of the pilot valve;  $c_y$  - the spring constant of the pilot valve;  $h_y$  - the previous deformation of the spring of the pilot valve;  $r_y$  - the hydrodynamic force coefficient of the pilot valve;  $A_b$  - the area of the compensating control piston;  $d_c$  - diameter of the compensating control piston;  $p_{2,4}$  - pressure drop in the compensating control piston orifice.

If we solve the equations (1) and (2), the static characteristic of the pilot valve will be obtained:

$$q_y = \mu_y \cdot d_y \cdot \pi \cdot \sin \theta_y \cdot \sqrt{\frac{2}{\rho} \cdot p_{4,2}} \cdot \frac{p_{4,2} \cdot A_y + p_{2,4} \cdot A_b - c_y \cdot h_y}{c_y + r_y \cdot p_{4,2}} \quad (3)$$

➤ Pressure drop at the fixed orifices

$$p_{1,4} = R_1 \cdot q_y + R_m \cdot q_y^2 \quad (4)$$

where:  $p_{1,4} = p_1 - p_4$  - the pressure drop at the pilot chain,  $R_1 = R_{11} + R_{21}$  - the linear hydraulic resistance in the orifices  $R_1$  and  $R_2$ ;  $R_m = R_{1m} + R_{2m}$  - the local quadratic resistance in the orifices  $R_1$  and  $R_2$ ;

➤ Pressure drop at the main valve

$$p_{1,2} = p_{1,4} + p_{4,2} \quad (5)$$

where:  $p_{1,2} = p_1 - p_2$  - the pressure drop at the main valve

The static characteristics of the pilot operated pressure relief valves are described with following equations:

➤ Flow equation across the pilot valve

$$q_y = \mu_y \cdot d_y \cdot \pi \cdot x_y \cdot \sin \theta_y \cdot \sqrt{\frac{2}{\rho} \cdot p_{4,2}} \quad (1)$$

where:  $q_y$  - the flow across the pilot valve;  $\mu_y$  - the flow coefficient of the pilot valve;  $d_y$  - the seat diameter of the pilot valve;  $x_y$  - the displacement of the closing element of the pilot valve;  $\theta_y$  - the angle of flowing of the oil at the pilot valve,  $\rho$  - the density of the oil;  $p_{4,2} = p_4 - p_2$  - the pressure drop in the pilot valve.

➤ Balance of forces acting on the closing element of the pilot valve

$$c_y \cdot (h_y + x_y) = p_{4,2} \cdot A_y + p_{2,4} \cdot A_b - r_y \cdot x_y \cdot p_{4,2}$$

➤ *Balance of forces acting on the poppet of the main valve*

$$p_{1.4} \cdot A_k - p_{1.2} \cdot \Delta A = c_o \cdot (h_o + x_o) + r_o \cdot x_o \cdot p_{1.2}$$

or

$$x_o = \frac{p_{1.4} \cdot A_k - p_{1.2} \cdot \Delta A - c_o \cdot h_o}{c_o + r_o \cdot p_{1.2}} \quad (6)$$

where:  $A_k$  - the area of the closing element of the main valve;  $\Delta A$  - the unbalanced area at the closing element of the main valve;  $\varphi = \frac{\Delta A}{A_k}$  - geometric parameter of the valve;  $h_o$  - the previous deformation of the spring of the main valve;  $x_o$  - the displacement of the closing element of the main valve;  $r_o$  - the hydro-dynamic force coefficient of the main valve;  $\mu_o$  - the flow coefficient of the main valve;  $D_k$  - the diameter of the closing element of the main valve;  $\theta_o$  - the angle of flowing of the oil at the pilot valve.

➤ *Flow across the main valve*

$$q_3 = \mu_o \cdot D_k \cdot \pi \cdot x_o \cdot \sin \theta_o \cdot \sqrt{\frac{2}{\rho} \cdot p_{1.2}} \quad (7)$$

where:  $q_3$  - the flow across the main valve.

➤ *Flow through pilot chain*

$$q_1 = q_3 + q_y \quad (8)$$

The static characteristics of the pilot operated pressure relief valves are fully described by the equation (1) to (8). From equations (1) – (8) theoretically can be expressing the pilot flow and the difference between the pressure of opening of the pilot valve and the main valve if there is built-in compensating control piston [5]:

$$(q_y)_{oo} = \sqrt{\frac{p_{1.oo} \cdot \varphi + \frac{c_o \cdot h_o}{A_k} - (R_{1i} + R_{2i}) \cdot (q_y)_{oo}}{R_{1m} + R_{3m}}}$$

$$p_{1.oo} = \frac{1}{1 - \varphi} \left( \frac{p_{1.oy} + \frac{c_o \cdot h_o}{A_k} + \frac{x_y \cdot (c_y + r_y \cdot p_{4,o})}{A_y}}{-\frac{A_b}{A_y} \cdot (R_{2i} \cdot (q_y)_{oo} + R_{3m} \cdot (q_y)_{oo}^2)} \right)$$

The last equation shows that the pressure difference between pilot and main valve opening is lower when there is built-in compensating control piston in the pilot valve. With increasing the diameter of compensating control piston  $d_b$ , i.e. the area of the compensating piston, the last part of the equation is getting greater and the pressure difference is getting lower. The effect of reducing the difference between the pressure of opening of the pilot and the main valve experimentally is shown on fig.7.

High impact to the pressure difference of opening of the main valve and the pilot valve has the factor  $\varphi$ . If  $\varphi$  is greater, also  $p_{1.oo}$  is getting greater and vice versa.

With linearization of the equations (1) – (8) around the steady state values of pressure  $p_o$  and flow  $q_o$ , the slope of the static characteristic can be express as [Dimitrov 2011]:

$$k_{st} = \frac{c_o + r_o \cdot (p_{1.2})_o}{\mu_o \cdot \pi \cdot D_o \cdot \sin \theta_o \cdot \sqrt{\frac{2}{\rho}} \cdot (p_{1.2})_o \cdot A_k} \cdot \left[ 1 + \frac{k_{st,y}}{(R_{1i} + R_{2i}) + (R_{1m} + R_{3m}) \cdot 2 \cdot q_{y,o}} \right] \quad (9)$$

where the slope of the static characteristic of the pilot valve is expressed as:

$$k_{st,y} = \frac{c_y + r_y \cdot (p_{4,2})_0}{\mu_y \cdot \pi \cdot d_y \cdot \sin \theta_y \cdot \sqrt{\frac{2}{\rho}} \cdot (p_{4,2})_0 \cdot A_y} - (R_{2l} + 2 \cdot q_{y,0} \cdot R_{2m}) \cdot \frac{A_B}{A_y} \quad (10)$$

### EXPERIMENTAL STATIC CHARACTERISTICS

The subject of investigation was *Denison* pressure relief valve type *R4V 06*, shown on fig.3 [4] – with and without compensating control piston. The parameters of the valve are:  $d_y = 5 \text{ mm}$ ,  $c_y = 250 \frac{\text{N}}{\text{mm}}$ ,  $d_b = 5.5 \text{ mm}$ ,  $d_{dr1} = d_{dr2} = 0.8 \text{ mm}$ ,  $d_{dr2} = 0.6 \text{ mm}$ ,  $l_{dr1} = l_{dr2} = l_{dr2} = 1 \text{ mm}$ ,  $D_k = 28.5 \text{ mm}$ ,  $D_o = 28 \text{ mm}$ ,  $c_o = 7 \frac{\text{N}}{\text{mm}}$ ,  $h_o = 16.5 \text{ mm}$ .

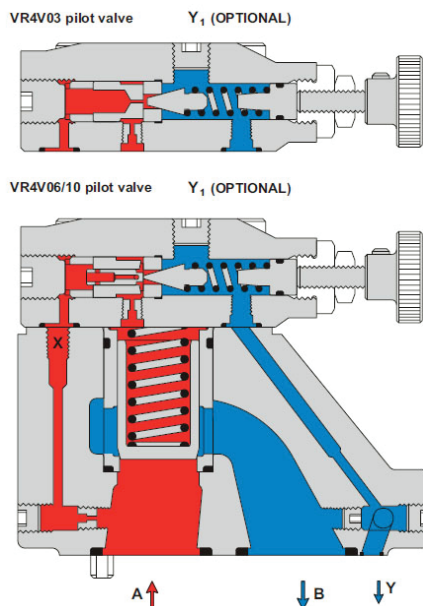


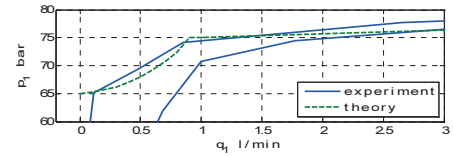
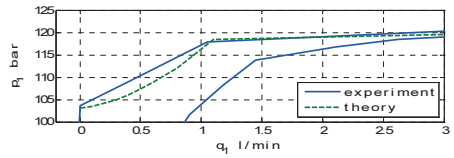
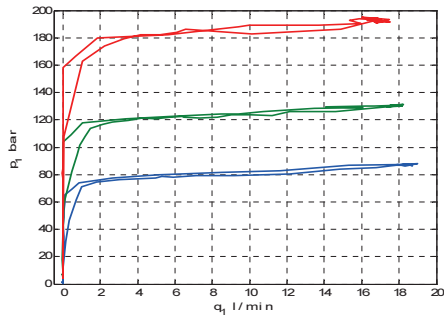
Fig.3. The investigated pressure relief valve

As a comparison, two other pilot operated pressure relief valves were investigated, as well.

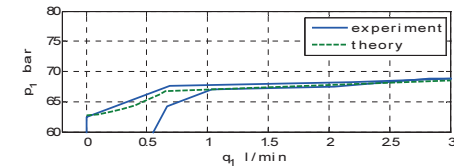
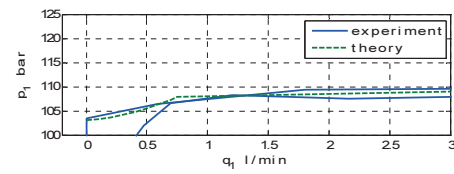
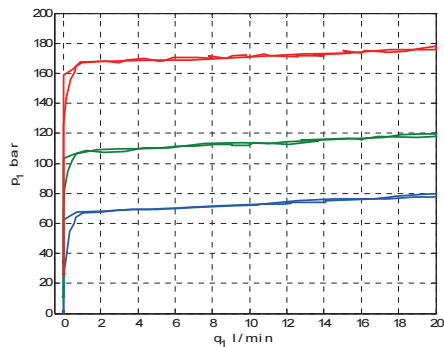
Theoretical and experimental static characteristic of the investigated pilot operated pressure relief valve are presented on fig.4.

At the diagrams on fig. 4 can be seen that pressure difference between opening of the pilot and the main valve is higher for the valve without compensating piston and it is decrease with the increasing of the compensating control piston diameter  $d_b$ . Also, the pilot oil flow and the pressure-flow coefficient of the valve are decreasing with increasing of the compensating control piston diameter  $d_b$  and higher without compensating control piston.

As a comparison, two other pilot operated pressure relief valves were investigated, as well.



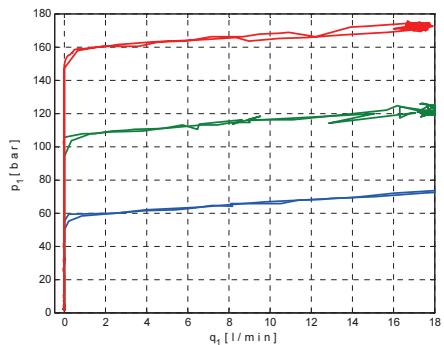
a-without compensating control piston



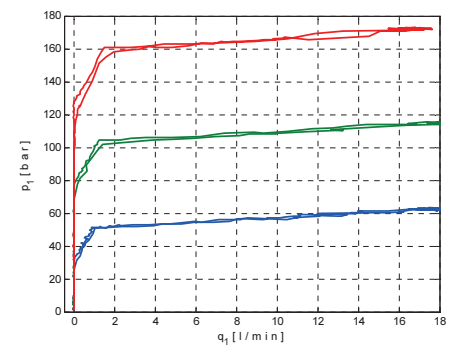
b-with compensating control piston  $d_6=6.5$  mm

Fig.4. The theoretical and experimental static characteristic of the pilot operated PRV-Denison

At fig.5 the static characteristic of Rexroth design of PRV is presented. This valve is with factor  $\varphi = 0$  and it is noticeable that  $P_{1,0.0}$  is lower than the static characteristic of Freeway design valve which has factor  $\varphi$  greater.



a-Rexroth type pilot operated PRV



b-Freeway type pilot operated PRV

Fig.5. Experimental static characteristics of other PRV

## CONCLUSION

In these paper static characteristics of pilot operated pressure relief valves depending on some geometric parameters of the valve is studied. First Denison PRV was investigated where experimentally and theoretically was proved the fact that introducing the control piston in the pilot line the static characteristic is improved at the beginning of opening of the valve i.e. the pressure difference between opening of the pilot and the main valve is lower. Experimentally has been shown that static characteristic can be improved also with decreasing the value of factor  $\varphi$ . Two types of pilot operated pressure relief valves have been investigated and has been proved that the geometric parameter  $\varphi$  has significant influence to the quality of the static characteristics of the pilot operated pressure relief valves.

## REFERENCES

- [1]. Backé W., Murrenhoff H. Grundlagen der Ölhydraulik. Institut für fluidtechnische Antriebe und Steuerungen. Technische Hochschule Aachen. 1994
- [2]. Will D., Ströhl H., Gebhardt N. Hydraulik. Springer-Verlag Berlin. 1999.
- [3]. Wobben G.D., Statisches und dynamisches Verhalten vorgesteuerter Druckbegrenzungsventile unter besonderer Berücksichtigung der Strömungskräfte, Dissertation, RWTH Aachen, 1978;
- [4]. DENISON HYDRAULICS GmbH, Pressure relief valve R4V, Catalogue sheet 3-EN 2400-A;
- [5]. Dimitrov S., Static characteristics of pilot operated pressure relief valves with compensating control piston. Scientific Conference EMF2011, Sozopol, Bulgaria, 2011

## Contacts:

PhD Eng. Sasko S. Dimitrov, Faculty of Mechanical Engineering, University of Stip, Republic of Macedonia, e-mail: sasko.dimitrov@ugd.edu.mk

PhD Eng. Simeon Simeonov, Faculty of Mechanical Engineering, University of Stip, Republic of Macedonia, e-mail: simeon.simeonov@ugd.edu.mk

PhD Eng. Slavco Cvetkov, Faculty of Mechanical Engineering, University of Stip, Republic of Macedonia, e-mail: slavco.cvetkov@ugd.edu.mk

**The report is reviewed.**