

**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ENERGETICKÝ ÚSTAV
ODBOR HYDRAULICKÝCH STROJŮ VICTORA KAPLANA**

Ing. Ondřej DEBRECZENI, CSc.

**KUŽELOVÝ UZÁVĚR S PROFILOVÝMI
CLONAMI**

TEZE HABILITAČNÍ PRÁCE



Brno 2000

© 2000 Ondřej Debreczeni

ISBN 80-214-1591-6

OBSAH

1 ÚVOD.....	4
2 LITERATURA.....	5
3 O AUTOROVI.....	6
4 VÝBĚR Z PRACÍ.....	7
5 PŘÍSTUP K ŘEŠENÍ.....	15
5.1 Programový soubor DYNASTAT.....	15
5.2 Regulační uzávěr pro vodovod.....	15
5.3 Teoretický tvar profilové clony.....	17
5.4 Aplikace v lokalitě Čebín.....	19
5.5 Aplikace v lokalitě Radotín.....	22
6 ZÁVĚR.....	25
7 ABSTRACT.....	26

1 ÚVOD

Regulace průtoku je aktuálním problémem velkých průmyslových a komunálních vodovodů. Tento problém musí být beze zbytku vyřešen již během projektové přípravy a regulace by měla být řádně ověřena funkčními zkouškami a hydraulickým měřením v závěrečné fázi realizace díla.

Základní problém regulace průtoku pro **gravitační vodovod**, dlouhý až řádově desítky kilometrů lze formulovat tak, že regulační armatura na konci vodovodu se má, podle zvoleného řídicího algoritmu, co nejrychleji otevírat a uzavírat a tak operativně a citlivě regulovat gravitační průtok od nulového do maximálního. Uzavírání průtoku ovšem může být jen tak rychlé, aby vodovod nebyl ohrožen hydraulickým rázem.

U **zvyšovacího vodovodu** ústí gravitační přivaděč, dlouhý řádově kilometry až desítky kilometrů přímo do sacího potrubí čerpadel zvyšovací čerpací stanice jejíž výtlak ústí do výtlačného řadu, dlouhého řádově opět kilometry až desítky kilometrů. Zde je problém regulace definován odlišně: Regulační armatura na výtlaku zvyšovacích čerpadel se má, podle zvoleného řídicího algoritmu, při spouštění čerpadel otevírat tak, aby se sloupec vody v gravitačním přivaděči plynule uvedl z klidu do pohybu ustálenou rychlostí a aby spolehlivý rozběh čerpadel nebyl znemožněn intenzivním rázovým podtlakem na jejich nátokové straně.

Regulační armatury pro tyto specifické, nikoliv však ojedinělé případy nejsou pokryty běžným sortimentem tuzemských nebo zahraničních výrobků. Je nutno je navrhovat „na míru“, na základě podrobného rozboru ustálených a rázových hydraulických poměrů dané lokality. Jedná se vždy o zařízení náročná a nákladná. Pokud se týče konstrukce uzávěru, přichází v úvahu **uzávěr kuželový**, případně **uzávěr žaluziový**. Pokud se týká způsobu pohonu, neexistuje racionální alternativa k elektrickému servopohonu.

Výše naznačené specifické požadavky na regulační uzávěr je možno řešit v zásadě :

1. individuální úpravou běžného elektrického servopohonu na dvourychlostní
2. běžným elektrickým servopohonem s konstantní rychlostí a s individuálně řešeným přerušováním zdvihu
3. individuálně řešeným sofistikovaným elektrickým servopohonem s plynule měnitelnou rychlostí
4. individuální úpravou průtočného profilu uzávěru

Autor během své dlouholeté projektové praxe postupně navrhoval, dovedl do realizace a ověřoval všechny čtyři uvedené možnosti. Za optimální považuje poslední dva z nich. Uzávěr s individuální úpravou průtočného profilu má výborné regulační vlastnosti, je jednoduchý a provozně spolehlivý.

Myšlenka úpravy průtočného profilu armatury s cílem dosáhnout požadovaných regulačních vlastností je známá a popisovaná v literatuře.

Tento způsob se běžně používá např. u ventilů pro regulaci průtoku kapalin, páry a plynů v průmyslu a v energetice, pro regulaci průtoku ve velkých gravitačních a zvyšovacích vodovodech však není tento způsob zcela běžný a jeho metodika není propracována.

Autor v práci předkládá rozbor problematiky a naznačuje způsoby řešení. Uvádí do problematiky velkých regulačních uzávěrů a specifikuje zvláštnosti regulace průtoku pro gravitační a zvyšovací vodovody. Popisuje jediný, v ČR mu známý, již starší případ gravitačního vodovodu, kde je pro regulaci použit kuželový uzávěr s úpravou průtočného profilu, kdy však nejsou k dispozici výsledky měření na díle - pokud se měření vůbec uskutečnilo – ani původní metodika návrhu úpravy kuželového uzávěru.

Na příkladu dvou velkých vodovodů, gravitačního a zvyšovacího, autor dokumentuje svůj vlastní přístup k návrhu úpravy průtočného profilu kuželového uzávěru, k realizaci a k experimentálnímu ověřování na díle.

2 LITERATURA

- [1] BERGERON, L.: *Du Coup de Bélier en Hydraulique au Coup de Foudre en Électricité. Méthode Graphique Générale*. Paris, Dunod 1950.
- [2] HAINDL, K.: *Hydraulický ráz ve vodovodních a průmyslových potrubích*. 1. vyd. Praha, SNTL 1963
- [3] KOLÁŘ, V., VINOPAL, S.: *Hydraulika průmyslových armatur*. 1. vyd. Praha, SNTL 1963
- [4] STREETER, V. L., WYLLIE, E. B.: *Hydraulic Transients*. 1. vyd. New York, Mc Graw Hill 1967
- [5] ZÁRUBA, J.: *Výpočet nestacionárního proudění ve složitých systémech potrubí*. Zpráva Ústavu pro hydrodynamiku č.229 ID/69. Praha, ČSAV 1969
- [6] ZÁRUBA, J.: *Hydraulický ráz v soustavách potrubí*. Praha, Academia 1984
- [7] DAUGHERTY, R., FRANZINI, J. B., FINNEMORE, E. J.: *Fluid Mechanics with Engineering Applications*. Singapore, Mc Graw Hill 1989
- [8] *Průvodní dokumentace programového souboru HYPRESS, verze 1.2*. Praha, HYDROINFORM 1995
- [9] *Průvodní dokumentace programového souboru FLOWMASTER 2, verze 5.0.0*. MK12 5QP (United Kingdom), Flowmaster International Ltd. 1998
- [10] *Technická dokumentace kuželových uzávěrů fy ČKD Blansko*.
- [11] *Technická dokumentace kuželových uzávěrů fy Pavelka Brno*
- [12] *PN 00 1300 Kuželové uzávěry. Technické dodací předpisy. ČKD Blansko*

3 O AUTOROVI

Ing. Ondřej Debreczeni, CSc. ukončil v r. 1963 vysokoškolské studium na Vojenské akademii v Brně, průmyslový směr, specializace: konstrukce letadlových motorů. V rámci tohoto studia absolvoval jednoletou výrobní praxi v Motorletu Praha-Jinonice a sice 6 měsíců v oddělení termodynamických výpočtů a 6 měsíců ve vývojové zkušební proudových motorů.

V září 1963 nastoupil do n.p. AERO Vodochody, kde do r.1966 pracoval jako technolog a dílovedoucí ve výrobě letounů L-29 a MIG-21.

Od r. 1966 do r. 1980 pracoval v HYDROPROJEKTU Brno postupně jako projektant, vedoucí projektant a vedoucí projektové skupiny se zaměřením na projektování čerpací techniky, vodáren, čistíren a meliorací. Specializoval se zvláště na problematiku hydraulického rázu.

V letech 1972-1975 byl zodpovědným řešitelem resortního vývojového úkolu MLVH s názvem : Využití kalového plynu pro pohon spalovacích motorů, v jeho rámci byly uskutečněny úspěšné dvouleté zkoušky autobusového vznětového motoru LIAZ M634 poháněného kalovým plynem produkovaným čistírnou odpadních vod v Liberci.

V letech 1976-1978 byl zodpovědným řešitelem resortního úkolu MLVH s názvem: Optimalizovaný návrh protirázových opatření. Jedním z výstupů byl rozsáhlý program RAZY pro řešení hydraulického rázu ve složitých větevnatých a okruhových trubních sítích, jehož byl jediným autorem. Program, založený na metodě charakteristik, byl zařazen do celostátního SW katalogu SKVTIR pod č. 6. Byl dlouhá léta používán ve výpočtové praxi řady československých organizací. Zdokonalené a odvozené verze jsou používány dodnes.

V letech 1977-1979 byl spoluřešitelem státního úkolu P19-123-224-08 s názvem 'Přechodné regulační děje' ve spolupráci s ruskou stranou.

Od r.1980 do r.1990 byl zaměstnán jako hlavní specialista technického odboru RUDNÉHO PROJEKTU Brno se zaměřením na vodní hospodářství, ochranu životního prostředí a aplikaci výpočetní techniky v oboru rudného hornictví a úpravenství. Během této doby rovněž samostatně zpracoval několik desítek realizovaných návrhů opatření proti rázu v řadech provozní vody a kalů.

Od února 1990 dodnes pracuje na katedře (nyní odboru) hydraulických strojů FSI a sice do 04/96 jako vedoucí laboratoří a od 05/96 jako učitel. Přednáší a cvičí předměty 'Vodárny a čistírny' a 'Potrubní technika' a dále cvičí předmět 'Hydromechanika'. Vede ročníkové a diplomové práce a účastní se obhajob jako člen státní zkušební komise. Rovněž se aktivně podílí na vědecké, experimentální a publikační činnosti odboru.

Od r. 1990 působí trvale také jako 'fyzická osoba' na základě živnostenského listu znějícího na 'činnost poradců pro vodní hospodářství, energetiku a ochranu životního prostředí' pod obchodním názvem: Ing. Ondřej

Debreczeni, AQUADYN Brno. Hlavní náplní jsou analýzy, výpočty a měření hydraulického rázu a návrhy protirázových opatření pro vodohospodářské průmyslové a energetické organizace. Tato činnost poskytuje množství původních, zajímavých poznatků a námětů pro pedagogickou a publikační činnost.

Od r. 1996 do r. 1999 působil jako člen Posuzovací komise certifikačního orgánu při Českém Metrologickém Institutu, obor: „měření průtoku“.

Po dosažení vysokoškolského vzdělání pokračoval ve studiu postgraduální formou :

1. v r. 1972 úspěšnou obhajobou závěrečné práce: “Katodová protikorozní ochrana potrubí“ ukončil 4-semestrový PG kurz na VŠCHT v Praze, obor „Zdravotní inženýrství“
2. v r. 1977 úspěšnou obhajobou závěrečné práce: “Program pro řešení hydraulického rázu“ ukončil 4-semestrový PG kurz v LPS VUT v Brně, obor „Informatika“, specializace „Numerické metody“
3. v r. 1987 úspěšnou obhajobou disertační práce: “Nová protirázová ochrana systému hydraulické dopravy“ ukončil externí aspiranturu na VUT v Brně a získal vědeckou hodnost kandidáta technických věd

Autor je původcem tří vynálezů a několika stovek realizovaných, vesměs úspěšných návrhů protirázových opatření i pro velmi významné investiční akce.

4 VÝBĚR Z PRACÍ

a) STARŠÍ PRÁCE (do r. 1998 včetně)

Vynálezy :

1. DEBRECZENI, O.: Čs. patent č. 148598 Zařízení pro dopravu vody, popřípadě jiných kapalin na velké vzdálenosti
2. DEBRECZENI, O., BECKER, K.: Autorské osvědčení č. 190742 Zařízení pro ovládání nestacionárního tlakového poklesu
3. DEBRECZENI, O.: Autorské osvědčení č. 234762 Uzávěr s impulzním ovládáním

Výzkumné zprávy :

4. DEBRECZENI, O. a kol.: Využití kalového plynu pro pohon spalovacích motorů. Závěrečná zpráva rezortního úkolu. Praha, MLVH 1975.
5. DEBRECZENI, O.: Optimalizované návrhy protirázových opatření. Závěrečná zpráva rezortního úkolu 11/R331-011-01. Praha, MLVH 1978
6. KOLEKTIV: Přečodné regulační děje. Závěrečná zpráva státního výzkumného úkolu P19-123-224-08. Olomouc, SIGMA 1978
7. MEDEK, J., DEBRECZENI, O.: Posudek uzlu dávkovacích čerpadel fy DOSAPRO MILTON ROY. Brno, VUT FS 1995
8. POCHYLÝ, F., DEBRECZENI, O., PTÁČKOVÁ, M.: Odborné posouzení stavu a příčin poškození oběžného kola ponorného odstředivého čerpadla

KSB typu KRTK 200-500. Zpráva č. : VUT-EU-QR-17-98. Brno, VUT FS 1995

Experimentální práce :

9. DEBRECZENI, O., KUBĚNA, Z.: Vyšetřování hydraulických vlastností nástroje fy HYDROS Hodonín pro mechanické čištění vnitřku trubních řadů. Závěrečná zpráva č. VZ-HSZ 99. Brno, KHSZ VUT FS 1993
10. DEBRECZENI, O., KUBĚNA, Z.: Externí měření hydraulického rázu v č. st II (jmenovitý průtok 1700 l/s) nové úpravny vody Plzeň-Homolka. Závěrečná zpráva č. VZ-HSZ 112. Brno, KHSZ VUT FS 1994
11. DEBRECZENI, O., PROCHÁZKA, O., KUBĚNA, Z.: Hydraulické zkoušky zavzdušňov. ventilu DN250, PN6 fy ČKD Blansko, a. s. Závěrečná zpráva č. VZ-HSZ 120. Brno, KHSZ VUT FS 1995
12. TRÁVNÍČEK, J., ŠEVČÍK, P., DEBRECZENI, O.: JE Dukovany. Vypínací zkoušky ČS Jihlava. Zpráva č. 3/15251/95. Brno, TS HYDRO 1996
13. DEBRECZENI, O., PROCHÁZKA, O., KUBĚNA, Z.: Výzkum těsnosti hrdlového spoje PVC potrubí DN300. Externí a laboratorní měření. Zpráva VZ-HSZ-133. Brno, VUT 1996
14. DEBRECZENI, O., PROCHÁZKA, O.: Vodovod Trenčín-čerpací stanice Kubrá. Měření hydraulického rázu a kontrola nastavení prvků protirázové ochrany. Č. zprávy AD/032/96. Brno, AQUADYN 1996
15. DEBRECZENI, O., KUBĚNA, Z.: Nebanice-prameniště Odava. Protokol o uvádění do provozu a o měření hydraul. rázu. Č. zprávy AD/039/96. Brno, AQUADYN 1996
16. ŠEVČÍK, P., DEBRECZENI, O., TRÁVNÍČEK, J.: JE Dukovany. Bezpečnost výtlačného potrubí surové vody z ČS Jihlava. Proměření podtlaků v lomovém koleně. Závěrečná zpráva č. 14/96. Brno, TS HYDRO 1997
17. ŠEVČÍK, P., TRÁVNÍČEK, J., DEBRECZENI, O., BERNÝ, R.: Provozní měření v čerpací stanici Labská a v provozech Spolchemie. Závěrečná zpráva č. 2/97. Brno, TS HYDRO 1997
18. DEBRECZENI, O., KUBĚNA, Z.: Vodovod Cheb, zvyšovací čerpací stanice Prachárna. Spolupráce při uvádění do provozu a protokol o měření hydr. rázu. Č. zprávy AD/003/97. Brno, AQUADYN 1997
19. TRÁVNÍČEK, J., ŠEVČÍK, P., DEBRECZENI, O.: Vypínací zkoušky ČS Radotín. Č. zprávy 74-0006-71. Brno, TS HYDRO 1997
20. DEBRECZENI, O.: Čerpací stanice a trubní řad Milhostov. Měření hydraulického rázu. Č. zprávy AD/005/98. Brno, AQUADYN 1998
21. DEBRECZENI, O., ŠEVČÍK, P.: Dokumentace poruch funkce velkých tlakových filtrů firmy BOLL&KIRCH (BRD) v čerpací stanici „Na Ohři“ pro elektrárnu Počerady. Měření v č. st. a jeho závěry. Č. zprávy AD/013/98. Brno, AQUADYN 1998
22. DEBRECZENI, O., HABÁN, V.: Skupinový vodovod Podluží. Čerpací

- stanice a výtlačné řady prameniště. Měření hydraulického rázu a jeho závěry. Č. zprávy AD/016/98. Brno, AQUADYN 1998
23. DEBRECZENI, O., ŠEVČÍK, P., TRÁVNÍČEK, J.: Vodojem a zesilovací čerpací stanice Čebín. Ověření provozních a poruchových stavů. Č. zprávy 01-98. Brno, TS HYDRO 1998
24. Kolektiv: Sériové zkoušky regulačního ventilu RV 501 NA 1 (DN50, PN100). Č. zprávy VUT-EU-QR-11-98. Brno, VUT, FS 1998
25. DEBRECZENI, O., HABÁN, V.: Vodovod Nová Říše. Měření hydraulického rázu. Č. zprávy AD/024/98. Brno, AQUADYN 1998
26. DEBRECZENI, O., HABÁN, V.: Vodovod Zátíší, Horní Ves. Měření tlakových poměrů ve vodovodních řadech. Č. zprávy AD/028/98. Brno, AQUADYN 1998
27. DEBRECZENI, O.: Jaderná elektrárna Jaslovské Bohunice. Technické řešení odběru vzorků z kondenzátoru TG SYMOCHER EBO V1. Návrh a experimentální ověřování v laboratoři a v provozu EBO V1. Č. zprávy AD/029/98. Brno, AQUADYN 1998

Autorský aplikační software:

30. DEBRECZENI, O.: Univerzální program RAZY pro řešení hydraulického rázu ve složitých větvnatých a okruhových trubních sítích. Realizační výstup rezortního úkolu 11/R331-011-01 (Program byl zařazen do celostátního katalogu aplikačního SW vydaného tehdejšími SKVTIR Praha pod evidenčním číslem 6). Praha, MLVH 1978
31. DEBRECZENI, O., KUBĚNA, Z.: Program AT pro hydraulický návrh tlakových vodáren
32. DEBRECZENI, O.: Program DYNASTAT řešení rázu ve složitých systémech s větvemi a okruhy.
33. DEBRECZENI, O., KUBĚNA, Z.: Program PQ pro statickou analýzu produktovodu.

Články v časopisech :

34. DEBRECZENI, O.: Praktické výpočty vodního rázu na minipočítači ADT 4100. ČERPADLA, POTRUBÍ, ARMATURY 2-3/1981
35. DEBRECZENI, O.: Příspěvek k návrhu větrníků protirázových ochran. Vodní hospodářství 8/1983
36. BRADÁČ, F., DEBRECZENI, O.: Tlaková a průtoková analýza větrního systému rudného dolu. RUDY, 2/1984
37. DEBRECZENI, O.: Příspěvek k volbě uzávěrů na vodovodních řadech. Vodní hospodářství 6/1984

Analýzy hydraulického rázu, návrhy protirázových opatření (jedná se o komerční, vesměs realizované významnější práce datované od r. 1990) :

38. DEBRECZENI, O.: Karačaganak ÚPK. Závěrečná zpráva č. AD/001/91. Brno, AQUADYN 1991
39. DEBRECZENI, O.: Sobědruhy, odkaliště. Závěrečná zpráva č. AD/004/91. Brno, AQUADYN 1991

40. DEBRECZENI, O.: Vodovod Jelka-Galanta-Nitra. Závěrečná zpráva č. AD/016/91. Brno, AQUADYN 1991
41. DEBRECZENI, O.: Produktovod Loukov-Sedlnice. Závěrečná zpráva č. AD/020/91. Brno, AQUADYN 1992
42. DEBRECZENI, O.: Vodovod Šamorín. Závěrečná zpráva č. AD/001/92. Brno, AQUADYN 1992
43. DEBRECZENI, O.: Vodovod Rača-Kopanice. Závěrečná zpráva č. AD/021/91. Brno, AQUADYN 1992
44. DEBRECZENI, O.: SEPAP-Bělá ČOV. Závěrečná zpráva č. AD/012/92. Brno, AQUADYN 1992
45. DEBRECZENI, O.: SVD G-N, v. z. Šamorín. Zpráva č. AD/014/92. Brno, AQUADYN 1992
46. DEBRECZENI, O.: Rozvod chladicí vody pro železářny Hrádek. Závěrečná zpráva č. AD/015/92. Brno, AQUADYN 1992
47. DEBRECZENI, O.: Baku (nabídka). Závěrečná zpráva č. AD/010/93. Brno, AQUADYN 1993
48. DEBRECZENI, O.: Vodovod Březová II. Závěrečná zpráva č. AD/014/93. Brno, AQUADYN 1993
49. DEBRECZENI, O.: ZČS Čebín. Závěrečná zpráva č. AD/015/93. Brno, AQUADYN 1993
50. DEBRECZENI, O.: Závlaha El-Radissia, Egypt. Závěrečná zpráva č. AD/002/94. Brno, AQUADYN 1994
51. DEBRECZENI, O.: ÚV Plzeň. Závěrečná zpráva č. AD/003/94. Brno, AQUADYN 1994
52. DEBRECZENI, O.: Vodovod Trenčín. Závěrečná zpráva č. AD/013/94. Brno, AQUADYN 1994
53. DEBRECZENI, O.: El-Radissia, změna. Závěrečná zpráva č. AD/018/94. Brno, AQUADYN 1994
54. DEBRECZENI, O.: Nová Huť (analýza sítě). Závěrečná zpráva č. AD/022/94. Brno, AQUADYN 1994
55. DEBRECZENI, O.: Vodovod Bosonohy-Kohoutovice-Myslivna. Zpráva č. AD/026/94. Brno, AQUADYN 1994
56. DEBRECZENI, O.: Vodovod Jesenice-Radotín-Kopanina. Závěrečná zpráva č. AD/012/95. Brno, AQUADYN 1995
57. DEBRECZENI, O.: Nikolajka, MVE. Závěrečná zpráva č. AD/013/95. Brno, AQUADYN 1995
58. DEBRECZENI, O.: JE Dukovany, podávací čerpací stanice. Závěrečná zpráva č. AD/025/95. Brno, AQUADYN 1995
59. DEBRECZENI, O.: Vodovod Radotín, optimalizace. Závěrečná zpráva č. AD/026/95. Brno, AQUADYN 1995
60. DEBRECZENI, O.: Košice, ČOV. Závěrečná zpráva č. AD/029/95. Brno, AQUADYN 1995

61. DEBRECZENI, O.: Plzeň, nová ČOV. Závěrečná zpráva č. AD/033/95. Brno, AQUADYN 1995
62. DEBRECZENI, O.: Bohuslavice, MVE. Závěrečná zpráva č. AD/017/96. Brno, AQUADYN 1996
63. DEBRECZENI, O.: Doly Bílina, přeložka potrubí. Závěrečná zpráva č. AD/020/96. Brno, AQUADYN 1996
64. DEBRECZENI, O.: Vodovod Mostiště-V. Bíteš. Výpočet tlakových poměrů v gravitačním řadu PVC DN300 a posouzení skrytých úniků vody. Závěrečná zpráva č. AD/021/96. Brno, AQUADYN 1996
65. DEBRECZENI, O.: Závlaha Syrie (nabídka). Závěrečná zpráva č. AD/024/96. Brno, AQUADYN 1996
66. DEBRECZENI, O.: Nabídka Egypt. Návrh zařízení pro zabezpečení výtlačných řadů čerpacích stanic. Závěrečná zpráva č. AD/025/96. Brno, AQUADYN 1996
67. DEBRECZENI, O.: Vodovod Cheb. Zvyšovací čerpací stanice Prachárna. Posouzení hydraulického rázu a návrh optimalizované protirázové ochrany. Závěrečná zpráva č. AD/034/96. Brno, AQUADYN 1996
68. DEBRECZENI, O.: Elektrárna Pruněřov. Posouzení účinků hydraulického rázu ve výtlačném řadu pro EPRU I, EPRU II. Závěrečná zpráva č. AD/037/96. Brno, AQUADYN 1996
69. DEBRECZENI, O.: VOV 1. etapa, úsek Čebín-Nebovidy. Výpočet hydraulického rázu a návrh regulačních uzávěrů ve vdj. Nebovidy a Bosonohy. Závěrečná zpráva č. AD/027/96. Brno, AQUADYN 1996
70. DEBRECZENI, O.: Vodovod Cheb. Zvyšovací čerpací stanice Prachárna. Posouzení hydraulického rázu a návrh definitivní protirázové ochrany. Zpráva č. AD/042/96. Brno, AQUADYN 1996
71. DEBRECZENI, O.: Elektrárna Počeradý. Modernizace čerpací stanice na Ohři. Výpočet hydraulického rázu a posouzení účelnosti protirázového opatření v čerpací stanici. Zpráva č. AD/004/97. Brno, AQUADYN 1997
72. DEBRECZENI, O.: ZVHEP (MVE) Hrdlořezy. Výpočet nestacionárních jevů a návrh parametrů zařízení protirázové ochrany. Závěrečná zpráva č. AD/011/98. Brno, AQUADYN 1998
73. DEBRECZENI, O.: Čerpací stanice Plzeň-Rokycanská. Řešení hydraulického rázu a návrh protirázové ochrany nátokových přivaděčů a výtlačných řadů. Závěrečná zpráva č. AD/018/98. Brno, AQUADYN 1998
74. DEBRECZENI, O.: Plzeňská teplárenská a. s., III. etapa výstavby. SO 3.372 Potrubí surové vody z ČS. Posouzení účinků hydraulického rázu ve výtlačném řadu surové vody. Závěrečná zpráva č. AD/019/98. Brno, AQUADYN 1998
75. DEBRECZENI, O.: TVO Liberec. Výpočet hydraulického rázu a návrh parametrů zařízení protirázové ochrany. Závěrečná zpráva č. AD/020/98. Brno, AQUADYN 1998
76. DEBRECZENI, O.: Zvyšovací stanice Čebín (BOVII). Návrh úprav.

Zpráva č. AD/033/98 (součástí zprávy TS HYDRO). Brno, AQUADYN 1998

77. DEBRECZENI, O.: Kanalizační čerpací stanice Mělník. Posouzení parametrů potrubí a čerpadel. Výpočet nestacionárních jevů a posouzení nutnosti protirázové ochrany. Závěrečná zpráva č. AD/035/98. Brno, AQUADYN 1998
78. DEBRECZENI, O.: Čerpací stanice surové vody pro ÚV Štítary. Optimalizace způsobu čerpání z Vranovské přehrady. Závěrečná zpráva č. AD/036/98. Brno, AQUADYN 1998
79. DEBRECZENI, O.: Mostecká úhelná a. s., závod ČSA. Posouzení účinků hydraulického rázu ve výtlačných řadech hlavní čerpací stanice důlní vody. Závěrečná zpráva č. AD/037/98. Brno, AQUADYN 1998

Jiné publikace :

82. DEBRECZENI, O.: Program pro řešení hydraulického rázu. Závěrečná práce 4-semestrové PGS 'Numerické metody'. Brno, LPS VUT 1977
83. DEBRECZENI, O.: Hydraulický ráz heterogenní suspenze. Práce k odborné aspirantské zkoušce. Brno, KHSZ VUT FS 1985
84. DEBRECZENI, O.: Nová protirázová ochrana systémů hydraulické dopravy. Kandidátská dizertační práce. Brno, KHSZ VUT FS 1987
85. DEBRECZENI, O.: Tabulky pro výpočet hydraulických odporů potrubí, tvarovek a armatur. Interní příručka R-RP 22/87. Brno, Rudný projekt 1987
86. DEBRECZENI, O.: ZČS Čebín, návrh algoritmů řízení. Č. zprávy AD/003/96. Brno, AQUADYN 1996
87. ČECHURA, F., DEBRECZENI, O.: Racionalizace protirázové ochrany vodovodů. Technicko-ekonomická nabídková studie pro podniky VaK. Plzeň, DIOSS-ELCOM 1997

Realizované návrhy velkých uzávěrů :

88. DEBRECZENI, O., KUBĚNA, Z.: Návrh hydraulického profilu kuželových uzávěrů DN1000, PN16 pro ZS Čebín. Č. zprávy AD/017/93. Brno, AQUADYN 1994
89. DEBRECZENI, O.: Zavzdušňovací ventil DN250, PN6. Spolupráce s ČKD Blansko, a. s. Č. zprávy AD/021/95. Brno, AQUADYN 1995
90. DEBRECZENI, O., KUBĚNA, Z.: Návrh hydraulického profilu kuželových uzávěrů DN600 a DN800, PN16 pro ZČS Radotín. Č. zprávy AD/013/96. Brno, AQUADYN 1996
91. DEBRECZENI, O., KUBĚNA, Z.: Návrh hydraulického profilu uzávěrů pro Nebovidy a Bosonohy. Č. zprávy AD/027/96. Brno, AQUADYN 1996

Konference :

92. DEBRECZENI, O.: Možnosti aplikace minipočítače pro řešení hydraulických přechodných jevů. Sborník referátů mezinárodní konference 'HYDROTURBO'. Brno, 1981
93. DEBRECZENI, O.: Vliv rázu na provoz vodohospodářských systémů.

Sborník referátů konference 'VODÁRENSKÉ ČERPACÍ STANICE'. Č. Budějovice, ČSVTS 1983.

94. DEBRECZENI, O.: Vyhodnocení charakteristik zavzdušňovacího ventilu DN250. Sborník referátů X. mezinárodní vědecké konference 'APLIKÁCIA EXPERIMENTÁLNÝCH A NUMERICKÝCH METOD V MECHANIKE TEKUTÍN', Štrba 1995
95. DEBRECZENI, O.: Možnosti racionalizace protirázové ochrany vodovodu. Sborník referátů z vodohospodářské konference 'VODA 1997', Zlín 1997
96. DEBRECZENI, O.: Příspěvek k hydraulice procesů. Sborník referátů z věd. konference kateder hydro- a termomechaniky 1998. Herlany 1998

b) PRÁCE Z R. 1999

Výzkumné zprávy:

97. Kolektiv: Hydraulické řešení a návrh stanice pro zkoušky spolehlivosti automobilových hadic. Technická pomoc pro firmu POLYMERTEST Zlín. Smlouva o dílo č. : 390086. Brno, VUT, FSI, EÚ, OHS VK 1999.
98. Kolektiv: Vývoj zdokonalené dávkovací hubice pro plnění pohonných hmot. Hydraulické řešení, návrh a příprava patentové dokumentace. Technická pomoc pro firmu POLIČSKÉ STROJÍRNY (rozpracováno). Smlouva o dílo č. : 390152. Brno.

Experimentální práce:

99. DEBRECZENI, O.: ÚV 'Bzenec-Přívoz. Měření hydraulického rázu na díle. Závěrečná zpráva č. AD/010/99. Brno, AQUADYN 1999
100. DEBRECZENI, O.: ÚV Plav. Záložní čerpací stanice. Měření hydraulického rázu na díle. Závěrečná zpráva č. AD/018/99. Brno, AQUADYN 1999
101. Kolektiv: ŠKODA AUTO Mladá Boleslav. Měření a vyhodnocení ustálených a neustálených hydraulických provozních režimů v systému chlazení agregátů nové svařovny, objekt M14. Technická pomoc. Brno, TS HYDRO + AQUADYN 1999.

Články v časopisech :

102. DEBRECZENI, O.: Ověřování těsnosti hrdlového spoje PVC potrubí DN300. SOVAK – časopis oboru vodovodů a kanalizací 3/1999, s. 26 – 28.
103. DEBRECZENI, O.: Příspěvek k navrhování automatických vodáren. SOVAK – časopis oboru vodovodů a kanalizací (předáno redakci v r. 1999-schváleno k publikaci, vyjde v 1. pololetí 2000)
104. DEBRECZENI, O.: Simulation of Waterhammer by means of Spreadsheet. Inženýrská mechanika. (předáno redakci v r. 1999-schváleno k publikaci, vyjde ve 2. pololetí 2000)

Analýzy hydraulického rázu, návrhy protirázových opatření :

105. DEBRECZENI, O.: ÚV Plav. Záložní čerpací stanice. Výpočet a posouzení hydraulického rázu. Zpráva č. AD/003/99. Brno, AQUADYN 1999
106. DEBRECZENI, O.: Čerpací stanice a AT stanice Plzeň-Úhlavská. Výpočet

- a posouzení hydraul. rázu. Zpráva č. AD/005/99. Brno, AQUADYN 1999
107. DEBRECZENI, O.: Palivový kombinát Vřesová. Výpočet hydraulického rázu ve výtlačných řadech DN600, návrh protirázové ochrany. Závěrečná zpráva č. AD/008/99. Brno, AQUADYN 1999
108. DEBRECZENI, O.: Vířský oblastní vodovod. Výtlačný řad č.st. Bosonohy – vdj. Myslivna. Výpočet hydraulického rázu a návrh protirázové ochrany. Závěrečná zpráva č. AD/011/99. Brno, AQUADYN 1999
109. DEBRECZENI, O.: Úprava vodního hospodářství Elektrárny Pruněřov. Výpočet a posouzení hydraulického rázu. Závěrečná zpráva č. AD/016/99. Brno, AQUADYN 1999
110. DEBRECZENI, O.: ŠKODA Auto, Mladá Boleslav. Vyšetření spolehlivosti rozvodu chladicí vody pro svařovnu M14 (Fabia). Závěrečná zpráva č. AD/021/99. Brno, AQUADYN 1999
111. DEBRECZENI, O.: Palivový kombinát Vřesová. Výpočet hydraulického rázu ve výtlačných řadech po změně DN potrubí. Výpočet rázu a návrh protirázové ochrany. Zpráva č. AD/023/99. Brno, AQUADYN 1999

Jiné publikace :

112. DEBRECZENI, O.: Oponentský posudek doktorské disertační práce Ing. Tomáše Neumanna s názvem „Šroubový vodní stroj – experimentální výzkum“. ČVUT Praha, Fakulta strojní. Brno, 1999.

Konference :

113. DEBRECZENI, O.: Příspěvek k numerickému modelování rázu. Sborník XVIII. Mezinárodní vědecké konference kateder mechaniky tekutin a termomechaniky. Praha, ČVUT, Fakulta strojní 1999
114. DEBRECZENI, O.: Investigation of the Flow and Pressure Pulsation Following Action of the Valves. Proceedings of the 9th meeting of INTERNATIONAL ASSOCIATION FOR HYDRAULIC RESEARCH „The Behavior of Hydraulic Machinery under Steady-oscillatory Condition“. Brno 1999
115. DEBRECZENI, O.: Hydraulické řešení stanice pro zkoušky spolehlivosti automobilových hadic. Srovnání simulace s experimentem (viz Výzkumná zpráva [P.198]). Sborník semináře „INTERAKCE A ZPĚTNÉ VAZBY '99. Praha, Ústav termomechaniky AV ČR 1999

5 PŘÍSTUP K ŘEŠENÍ

Pozn.: pro dodržení kompatibility je zachováno číslování pramenů, vzorců, tabulek a obrázků totožné se zněním Habilitační práce.

5.1 Programový soubor DYNASTAT

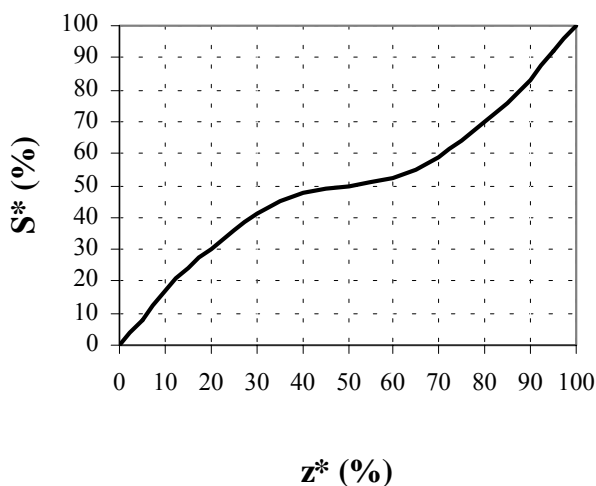
Programový soubor DYNASTAT je určen pro stacionární a dynamickou analýzu jednoduchých a složitých vodovodů s větvnatými a okruhovými trubními sítěmi. Umožňuje sestavit model až se 300 uzly a úseky, dovoluje zadat prakticky libovolná technická zařízení obvyklá v praxi vodovodů, kanalizací, MVE, atd. a je otevřen případným dalším úpravám a doplňkům. Programový soubor DYNASTAT odvodil autor postupnými úpravami ze svého staršího programového souboru RAZY, pro PC pod DOSem. Je sestaven v jazyce FORTRAN4 a vychází z metody charakteristik. Vstupní data jsou zadávána přehledně a úsporně ve formě textových ASCII souborů. Výstupní data jsou ukládána do několika paralelně vytvářených textových ASCII souborů, jednak pro přímou prohlídku ustálených, neustálených a extrémních hodnot tlaků, průtoků a dalších veličin, jednak pro pořizování grafů typu tlak (čas), průtok (čas) aj., přenosem do tabelárního procesoru EXCEL. Zdrojový výpis programového souboru DYNASTAT je v Příl. 1 Habilitační práce.

5.2 Regulační uzávěr pro vodovod

Regulační uzávěr pro vodovod má být spolehlivý a jeho konstrukční a projektové řešení má splňovat tři základní požadavky :

1. regulovaný průtok se má měnit alespoň přibližně proporcionálně k otevření
2. hydraulický ráz při manipulaci s uzávěrem nesmí ohrozit vodovod
3. regulační uzávěr má být v uzavřené poloze těsný

Pro ovládání regulačních uzávěrů na vodovodech je používán téměř výlučně **elektrický servopohon s konstantní rychlostí vřetene.**



Konstrukční charakteristika Ψ

je podle Koláře a Vinopala [3] definována jako závislost okamžité volné průtočné plochy S uzávěru na jeho otevření z , čili

$$\Psi = S(z), \quad (8.41)$$

nebo, vhodněji, v bezrozměrném tvaru, viz Obr. 8.16

$$\Psi^* = S^*(z^*). \quad (8.42)$$

Obr. 8.16 Konstrukční charakteristika uzávěru

Průtočná charakteristika Φ je podle Koláře a Vinopala [3] definována jako závislost okamžitého objemového průtoku Q uzávěrem na jeho otevření z , čili

$$\Phi = Q(z), \quad (8.43)$$

nebo, vhodněji, v bezrozměrném tvaru

$$\Phi^* = Q^*(z^*). \quad (8.44)$$

Vztah mezi průtočnou (Φ^*) a konstrukční (Ψ^*) charakteristikou (při označení veličin se autor nechrání zcela originálu) je uváděn ve tvaru

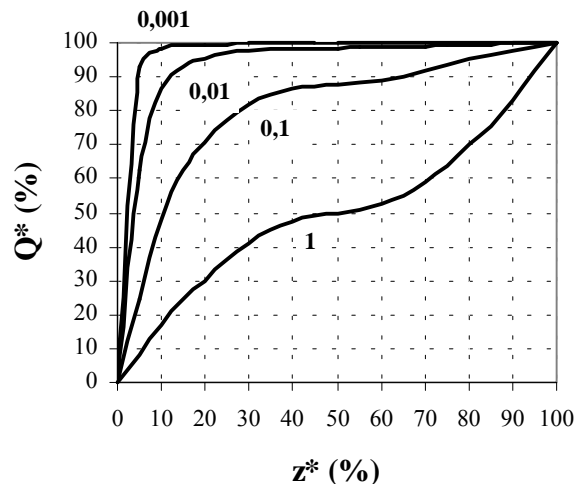
$$\Phi^* = \Psi^* \cdot \frac{Q_0}{\sqrt{\kappa + \Psi^{*2} \cdot (1 - \kappa)}}, \quad (8.45)$$

kde „tlakový parametr“ $\kappa \leq 1$ je definován jako poměr mezi tlakovým spádem $\Delta p_{u,0}$ na plně otevřeném uzávěru a disponibilním tlakovým spádem Δp_s na

celé soustavě

$$\kappa = \frac{\Delta p_{u,0}}{\Delta p_s} \quad (8.46)$$

Na Obr. 8.17 je příklad svazku průtočných charakteristik Φ^* daných vztahem (8.45) pro konstrukční charakteristiku Ψ^* znázorněnou na Obr. 8.16 a pro různé parametry κ ($\kappa = 0,001; 0,01; 0,1; 1,0$).



Obr. 8.17 Svazek průtočných charakteristik uzávěru

Průtočná charakteristika uzávěru tedy závisí jak na jeho konstrukci (řešení průtočné části uzávěru), tak na tlakových poměrech v konkrétním vodovodu, v němž je regulační uzávěr zabudován. Pro nereálnou hodnotu $\kappa = 1$ (celý disponibilní tlakový spád Δp_s by byl spotřebován spádem na plně

otevřeného uzávěru) splývá průtočná charakteristika s charakteristikou konstrukční. Z Obr. 8.17 je na první pohled zřejmé, že **kvalita regulace**,

obecně daná požadavkem

$$\frac{\partial Q^*}{\partial z^*} \approx konst. \quad (8.47)$$

je tím vyšší, čím je vyšší hodnota tlakového parametru κ , tedy, s ohledem na vztah (8.46), čím větší podíl disponibilního tlakového spádu Δp_s připadá na odpor plně otevřeného uzávěru. Platí obecná zásada, že kvalitní regulační uzávěr vnáší již ve zcela otevřené poloze do vodovodu **významný hydraulický odpor**.

Odporová energetická výška $\xi \cdot \frac{c^2}{2.g}$ je vztažena k průtočné rychlosti odpovídající jmenovité světlosti DN uzávěru. Průtočnou charakteristiku Φ lze určit ze vztahu

$$H = \frac{8}{\pi^2 \cdot g} \left(\frac{\lambda.L}{D^5} + \frac{\xi}{d^4} \right) Q \cdot |Q| \quad (8.54)$$

5.3 Teoretický tvar profilové clony

1. "Lineární postup" odvození tvaru clony : Autor vychází ze vztahů (8.45), (8.46) pro bezrozměrnou průtočnou charakteristiku Φ^* a parametr κ . Tlakový spád Δp_s v gravitačním vodovodu je konstantní a je dán vztahem

$$\Delta p_s = \rho \cdot g \cdot (Z_h - Z_d). \quad (9.1)$$

Tlakový spád $\Delta p_{u,0}$ na plně otevřeném uzávěru je dán vztahem (rychlostní složku lze zanedbat)

$$\Delta p_{u,0} = \frac{8 \cdot \rho \cdot \xi_0 \cdot Q_{\max}^2}{\pi^2 \cdot d^4}. \quad (9.2)$$

Parametr κ lze určit ze vztahu

$$\kappa = \frac{8 \cdot \xi_0 \cdot Q_{\max}^2}{\pi^2 \cdot d^4 \cdot g \cdot (Z_h - Z_d)}. \quad (9.3)$$

Z rovnice (8.45) lze vyjádřit konstrukční charakteristiku ψ^*

$$\Psi^* = \frac{Q(z^*) \cdot \sqrt{\kappa}}{\sqrt{Q_{\max}^2 - Q^2(z^*) \cdot (1 - \kappa)}} \quad (9.4)$$

a protože pro lineární průtočnou charakteristiku platí

$$Q(z^*) = Q_{\max} \cdot z^*, \quad (9.5)$$

lze konstrukční charakteristiku ψ^* , odpovídající lineární průtočné charakteristice, popsat vztahem

$$\Psi^* = \frac{z^* \cdot \sqrt{\kappa}}{\sqrt{1 + z^{*2} \cdot (\kappa - 1)}}. \quad (9.6)$$

Průtočná plocha S je z definice konstrukční charakteristiky (8.41) dána vztahem

$$S = \int_0^{z^*} u(z) dz = S_{\max} \cdot \frac{z^* \cdot \sqrt{\kappa}}{\sqrt{1 + z^{*2} \cdot (\kappa - 1)}} \quad (9.7)$$

z čehož derivováním podle otevření z lze určit hledanou šířku u štěrbiny clony

$$u(z^*) = \frac{S_{\max} \cdot \sqrt{\kappa}}{z_{\max}} \cdot \frac{\partial}{\partial z} \left[\frac{z}{\sqrt{1 + z^{*2} \cdot (\kappa - 1)}} \right], \quad (9.8)$$

čili

$$u(z^*) = \frac{S_{\max} \cdot \sqrt{\kappa}}{z_{\max}} \cdot [1 + z^{*2} \cdot (\kappa - 1)]^{-\frac{3}{2}}. \quad (9.9)$$

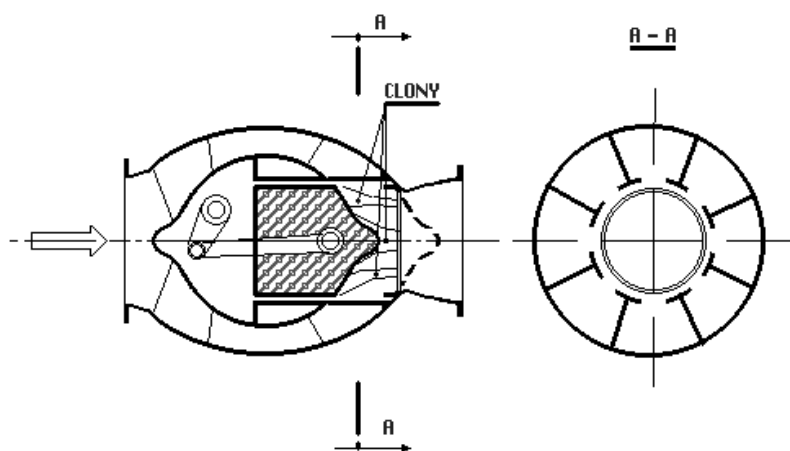
Aby bylo možno stanovit tvar clony, zbývá určit velikost maximální plochy clony S_{\max} . Na základě stochastického rozboru experimentálně zjištěných parametrů 7 různých kuželových uzávěrů z výroby ČKD Blansko se podařilo nalézt jednoduchý empirický vztah mezi maximální průtočnou plochou clony S_{\max} a odporovým součinitelem ξ_0 plně otevřeného uzávěru.

$$\xi_0 = \left(\frac{S_{\max}}{d^2} \right)^{-3}, \quad (9.12)$$

případně v obrácené podobě $S_{\max} = d^2 \cdot \xi_0^{-\frac{1}{3}}.$ (9.13)

Takto vypočtená clona je považována za **jediný souvislý fiktivní otvor** v průřechném profilu kuželového uzávěru, tedy ve vnitřním válcovém plášti soustředném s osou kuželového uzávěru. Z konstrukčních důvodů je tento vnitřní válcový plášť rozdělen na n ($n = 4, 6, 8$) symetrických segmentů radiálními žebry, které současně tvoří vedení škrticího elementu uzávěru. V každém ze segmentů je vytvořena shodná dílčí clona (viz Obr. 9.2) o šířce

štěrbiny l u , pro kterou platí $u(z^*) = \frac{u(z^*)}{n}.$ (9.14)



Obr. 9.2 Schématické řezy kuželovým uzávěrem

2. „Obecný postup“ odvození tvaru clony : Celkový spád v systému, daný rozdílem hladin

$$H = (Z_h - Z_d), \quad (9.15)$$

kryje odpory potrubí
$$\Delta h_{z,L} = \frac{8 \cdot Q^2}{\pi^2 \cdot g} \cdot \sum \frac{\lambda_i \cdot L_i}{D_i^5} \quad (9.16)$$

a odpor regulačního uzávěru
$$\Delta h_{z,u} = \frac{8 \cdot \xi \cdot Q^2}{\pi^2 \cdot d^4 \cdot g} \quad (9.17)$$

Platí tedy
$$Z_h - Z_d = \frac{8 \cdot Q^2}{\pi^2 \cdot g} \cdot \sum \frac{\lambda_i \cdot L_i}{D_i^5} + \frac{8 \cdot \xi \cdot Q^2}{\pi^2 \cdot d^4 \cdot g}, \quad (9.18)$$

kvadrát průtoku je
$$Q^2 = \frac{(Z_h - Z_d) \cdot \rho \cdot g}{R + \frac{8 \cdot \xi \cdot \rho}{\pi^2 \cdot d^4}}. \quad (9.19)$$

Substituent R je určen vztahem

$$R = \frac{8 \cdot \rho}{\pi^2} \cdot \sum \frac{\lambda_i \cdot L_i}{D_i^5} = \frac{(Z_h - Z_d) \cdot \rho \cdot g}{Q_{\max}^2} - \frac{8 \cdot \xi_0 \cdot \rho}{\pi^2 \cdot d^4}. \quad (9.20)$$

Kvadrát průtoku lze vyloučit také z rovnice (8.45) a s využitím (8.42) psát

$$Q^2 = \frac{Q_{\max}^2 \cdot \frac{S^2}{S_{\max}^2}}{\kappa + \frac{S^2}{S_{\max}^2} \cdot (1 - \kappa)}. \quad (9.21)$$

Parametr κ lze rozepsat ve smyslu (9.3), a po jednoduché úpravě

$$\frac{S}{S_{\max}} = \frac{\sqrt{\xi_0}}{\sqrt{\xi}}, \quad (9.22)$$

s použitím (9.13), platí

$$S = d^2 \cdot \xi_0^{\frac{1}{6}} \cdot \frac{1}{\sqrt{\xi(z)}}. \quad (9.23)$$

Protože platí

$$S = \int_{z=0}^z u(z) dz = \frac{1}{z_{\max}} \cdot \int_{z^*=0}^{z^*} u(z^*) dz^*, \quad (9.24)$$

je šířka $u(z^*)$ štěrbiny clony

$$u(z^*) = \frac{d^2 \cdot \xi_0^{\frac{1}{6}}}{z_{\max}} \cdot \frac{\partial}{\partial z^*} \left(\frac{1}{\sqrt{\xi(z^*)}} \right), \quad (9.25)$$

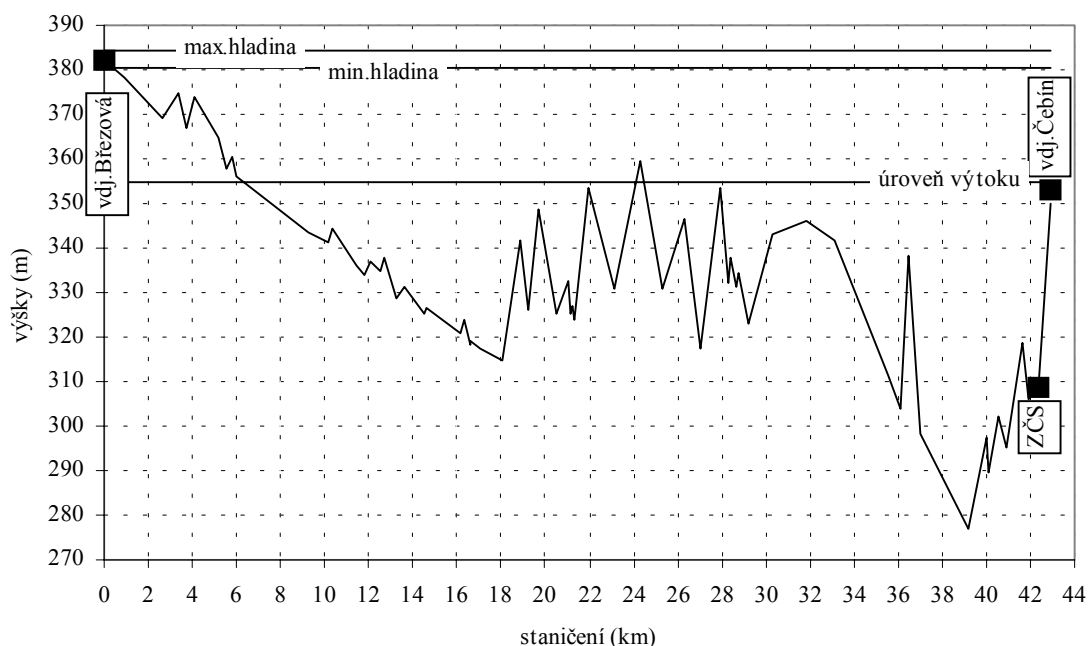
a po nahrazení operandu v závorce polynomem pro snazší derivaci

$$u(z^*) = \frac{d^2 \cdot \xi_0^{\frac{1}{6}}}{z_{\max}} \cdot \frac{\partial}{\partial z^*} \left(\sum_{i=0}^n a_i \cdot z^{*i} \right). \quad (9.26)$$

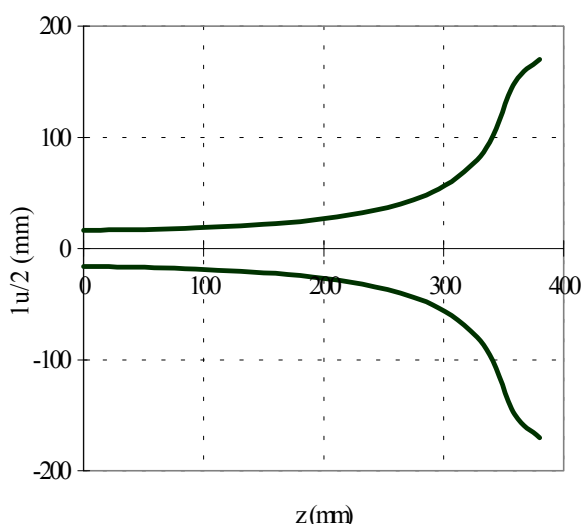
V každém ze segmentů uzávěru je shodná dílčí clona o šířce štěrbiny $^l u$

5.4 Aplikace v lokalitě Čebín

Jedná se o dílo svými parametry v ČR spíše výjimečné. Z vodojemu Březová/Svit. o užitečném objemu 5000 (m³) se má dopravovat gravitačním vodovodem pitná voda o teplotě 12(°C) do vodojemu Čebín. Hladina ve vodojemu Březová může kolísat v intervalu absolutních výškových kót (380,50; 384,50). Výtok nad maximální hladinu vodojemu Čebín je na absolutní výškové kótě 354,90. Gravitační vodovod je dlouhý celkem 42910 (m). První úsek vodovodu v délce 30324 (m) je položen z ocelového svařovaného potrubí DN1200, PN16 (trubka 1220x14 (mm)). Druhý úsek vodovodu v délce 11451 (m) je položen z ocelového svařovaného potrubí DN1000, PN16 (trubka 1020x12 (mm)). Třetí, poslední úsek vodovodu v délce 1135 (m) je položen ze sklolaminátového potrubí HOBAS DN1000, PN12. V km 42,357 vodovodu, na kótě nivelety vodovodu 308,60 - tj. 553 (m) délkových před a 46,30 (m) výškových pod úrovní přelivu vodojemu Čebín - je objekt „zvyšovací čerpací stanice Čebín“ (dále jen ZČS). Součástí víceúčelového objektu ZČS je armaturní prostor s regulačním uzávěrem přítoku do vodojemu Čebín. Požadovaný ustálený průtok je 900 (l/s). Přehledný podélný profil vodovodu je na následujícím Obr. 10.1.



Obr. 10.1 Přehledný podélný profil vodovodu Čebín



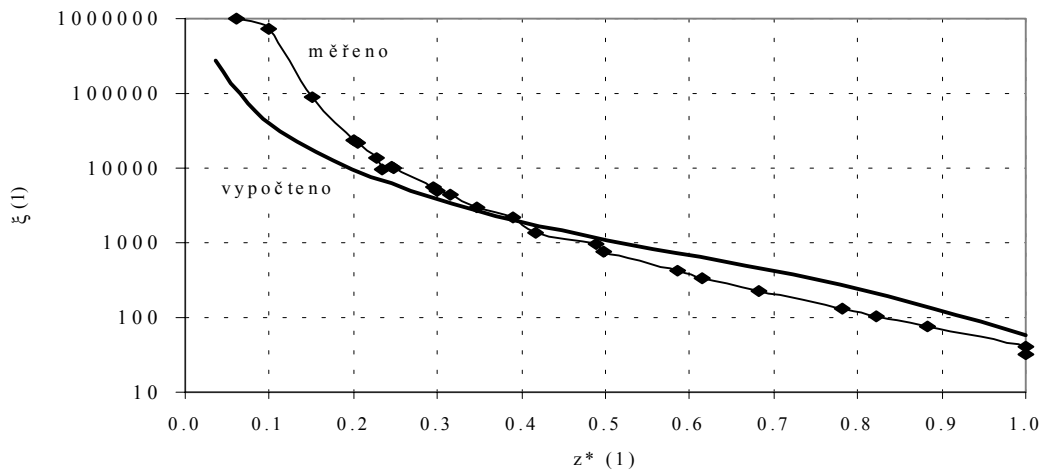
Obr. 10.7 Definitivní tvar clony

Definitivní tvar clony kuželového uzávěru DN1000 ČKD Blansko dodaného na lokalitu Čebín pro uzavírání a regulaci vodovodu z Březové, je na Obr.10.7. Tvar clony se od teoretických návrhů liší menší šířkou štěrbiny $^1u(l)$, která je jen 340 (mm). Toto záměrné zmenšení je nezbytné, aby bylo možno 8 clon do segmentů válcové přepážky uzávěru na $\varnothing d_{clony} = 943$ (mm) vůbec umístit.

V Tab.10.4 a na Obr.10.9 jsou součinitele odporu $\xi(z^*)$ kuželového uzávěru v závislosti na jeho relativním otevření jednak vypočtené (viz Tab. 10.4), jednak měřené při komplexních zkouškách vodovodu ve dnech 22.–24.4.1998.

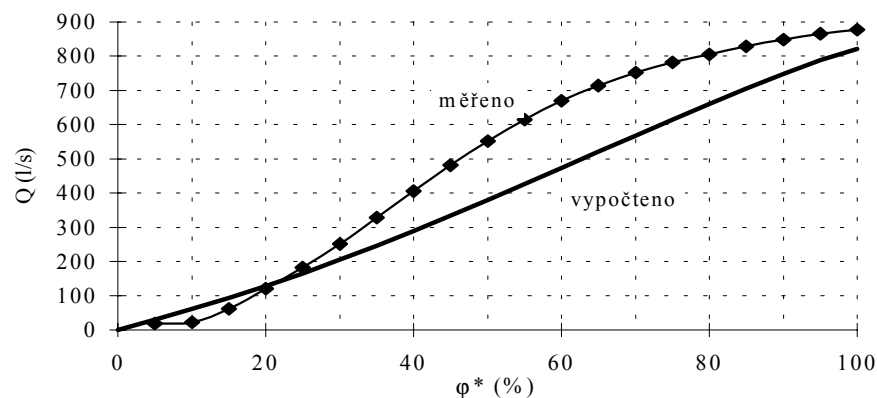
Tab. 10.4 Vypočtené a měřené součinitele odporu skutečné clony

$z^*(1)$:	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1
$\xi_{vyp}(1)$:	57	125	243	420	679	1101	1923	3860	9709	40102
$\xi_{měř}(1)$:	36	67	116	180	387	766	1830	5150	26000	718000

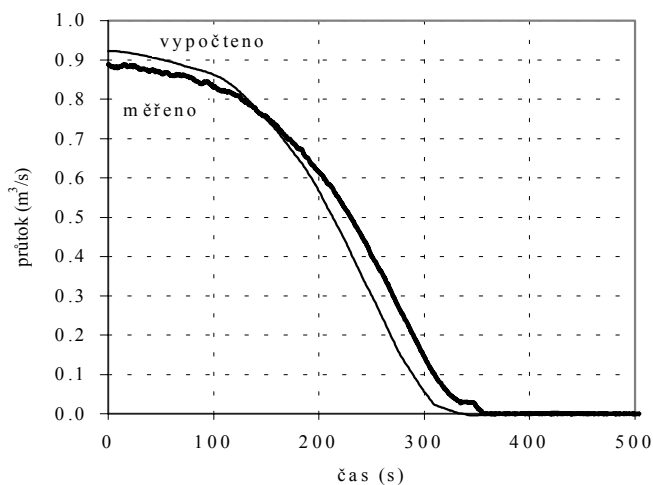


Obr. 10.9 Vypočtené a měřené součinitele odporu uzávěru „Březová“

Na Obr. 10.11 jsou pro srovnání vyneseny průběhy $Q(\varphi^*)$ **ustálených průtoků** vodovodem v závislosti na relativním natočení hřídele uzávěru, jednak vypočtené, jednak měřené při pokračování komplexních zkoušek ve dnech 22.–24. 4. 1998.

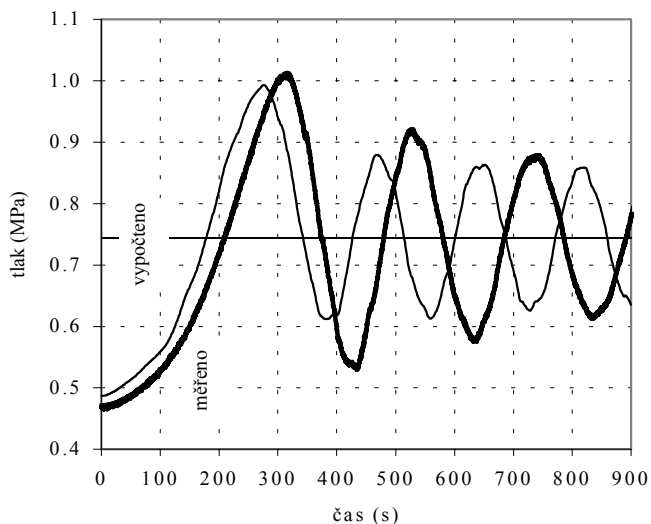


Obr. 10.11 Vypočtený a měřený průběh ustáleného průtoku vodovodem



Obr. 10.15 Historie neustálených průtoků

Na Obr. 10.15 a Obr. 10.16 jsou pro srovnání vyneseny historie neustálených průtoků uzávěrem a neustálených tlaků před uzávěrem, jednak měřené při komplexních zkouškách dne 8. 4. 1998, jednak simulované programem DYNASTAT, a to pro **měřenou** odporovou charakteristiku podle Tab. 10.4. Jde o úplné uzavírání z plného průtoku 890 (l/s) za 338 s.

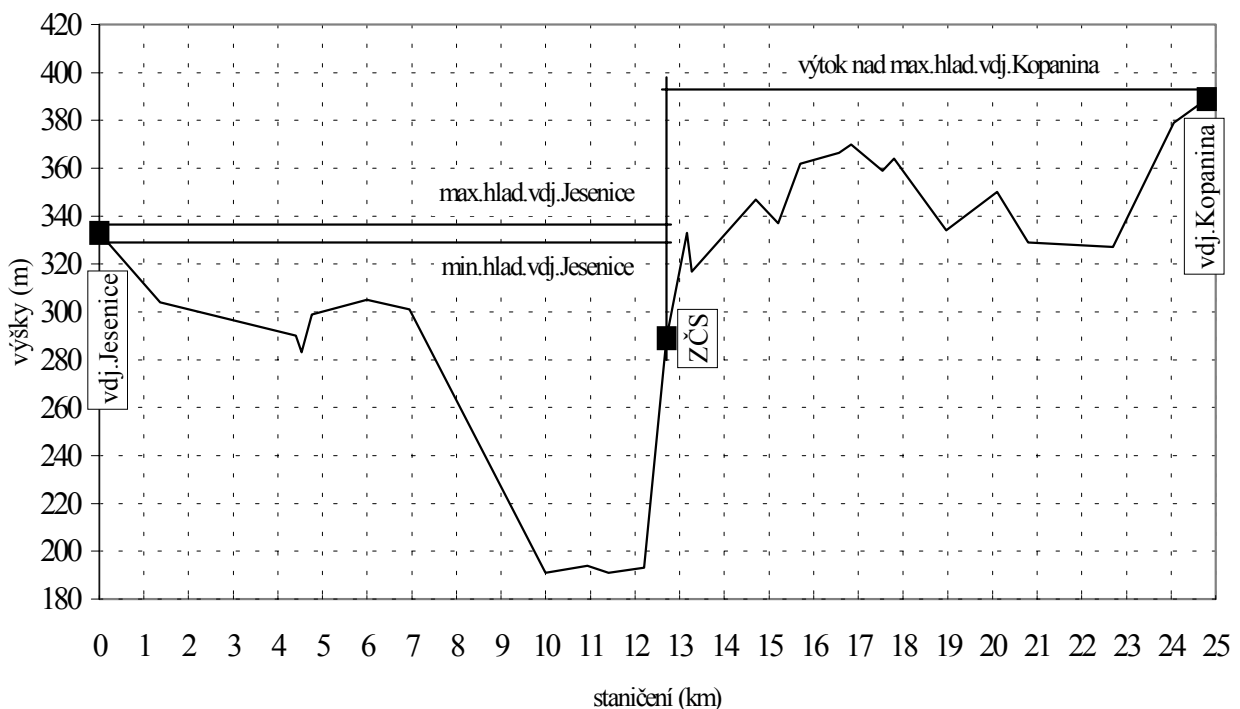


Obr. 10.15 Historie neustálých tlaků

Shrnutí: kuželový uzavěr v systému vodovodu Březová–Čebín **vyhovuje**, neboť :

- projektovaný průtok 900 (l/s), je dodržen s tolerancí $-1,5\%$
- regulace průtoku je účinná v celém rozsahu otevření
- maximální tlak vyvolaný rázem při úplném uzavírání je nižší než dovolený
- v potrubí nevzniká podtlak

5.5 Aplikace v lokalitě Radotín

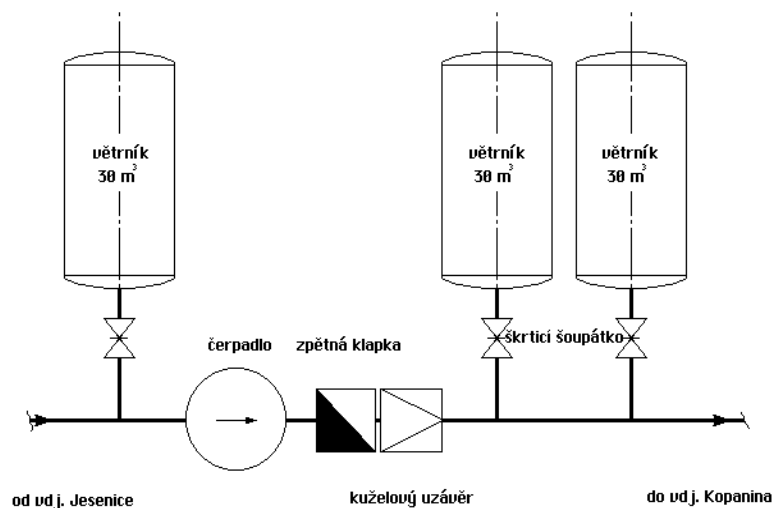


Obr. 11.1 Přehledný podélný profil vodovodu Radotín

Jedná se opět o vodovod svými parametry spíše v ČR výjimečný. Z vodojemu Jesenice (zdroj VD Želivka) o užitečném objemu 20 000 (m³) se dopravuje zvyšovacím vodovodem pitná voda o teplotě 12 (°C) do vodojemu Kopanina. Hladina ve vodojemu Jesenice může kolísat v intervalu absolutních výškových kót (329,00; 336,00). Výtok nad maximální hladinu vodojemu Kopanina je na absolutní výškové kótě 393,00. Nátoková část vodovodu od vodojemu Jesenice v km 0,00 staničení ke zvyšovací čerpací stanici Radotín (dále jen ZČS) je dlouhá 12 700 (m). Skládá se z následujících úseků :

1. úsek vodojem Jesenice – manipulační komora Zbraslav v délce 4000 (m) je ze tří paralelních shodných ocelových potrubí DN1200, PN10
2. úsek manipulační komora Zbraslav – manipulační komora Modřany v délce 3200 (m) je ze dvou paralelních, různých ocelových potrubí DN1200, PN10 + DN1000, PN10
3. úsek manipulační komora Modřany – „Vltava“ v délce 2700 (m) je ze dvou paralelních, různých ocelových potrubí DN1200, PN16 + DN1000, PN16
4. úsek „Vltava“ – ZČS Radotín délce 2800 (m) je ze dvou paralelních různých ocelových potrubí DN1200, PN16 + DN600, PN16.

Výtlačná část vodovodu od ZČS Radotín do vodojemu Kopanina je dlouhá 12 100 (m) a je celá z ocelového potrubí DN1200, PN16. Přehledný podélný profil vodovodu je na Obr. 11.1



Obr. 11.2 Technologické schéma ZČS Radotín

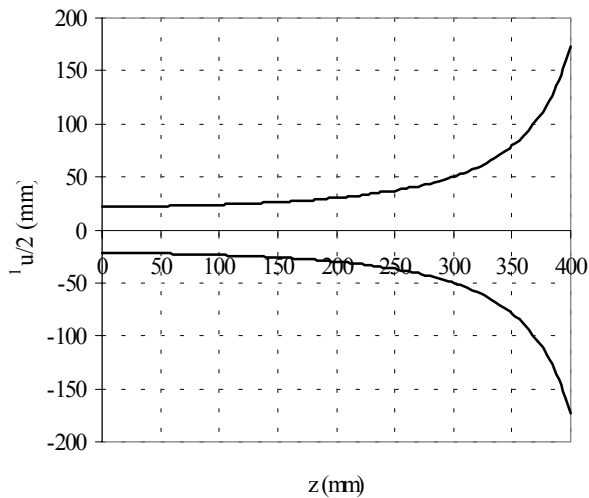
Na Obr. 11.2 je technologické schéma ZČS Radotín. Jedná se o cílový stav po celkové rekonstrukci v souvislosti s přebudováním původně gravitačně – výtlačného vodovodu na provozně úspornější vodovod zvyšovací. Schéma je velmi zjednodušeno, zachycuje jen zařízení podstatná pro účel této práce. Čerpadlo je horizontální dvouvrtkové typu 500 QVD-630 pro jmenovité parametry : $Q_{jmen} = 950$ (l/s), $Y_{jmen} = 804$ (J/kg), $P_{jmen} = 1300$ (kW), $n_{jmen} = 1450$ (ot/min) a je poháněno neregulačním motorem.

Dodavatelem technologické části byla MSA Dolní Benešov. Autor byl řešitelem protirázové ochrany. Problematika rázu v případě zvyšovacího vodovodu je obecně náročnější než v případě vodovodu gravitačního, nebo výtlačného. Kontrolovaných provozních a havarijních režimů bývá více a také protirázová ochrana bývá technologicky náročnější. Řešitel protirázové ochrany byl omezen prostorově, do stávající strojovny rekonstruované ZČS nebylo možno umístit více než tři (stávající, z doby před rekonstrukcí)

větrníky po 30 (m³). Příznivým faktorem byla skutečnost, že délky (přesněji doby reflexe) nátokové a výtlačné části zvyšovacího vodovodu se příliš nelišily.

Úvahy jsou omezeny na rozběh čerpadla do zavřeného kuželového uzávěru za předpokladu že :

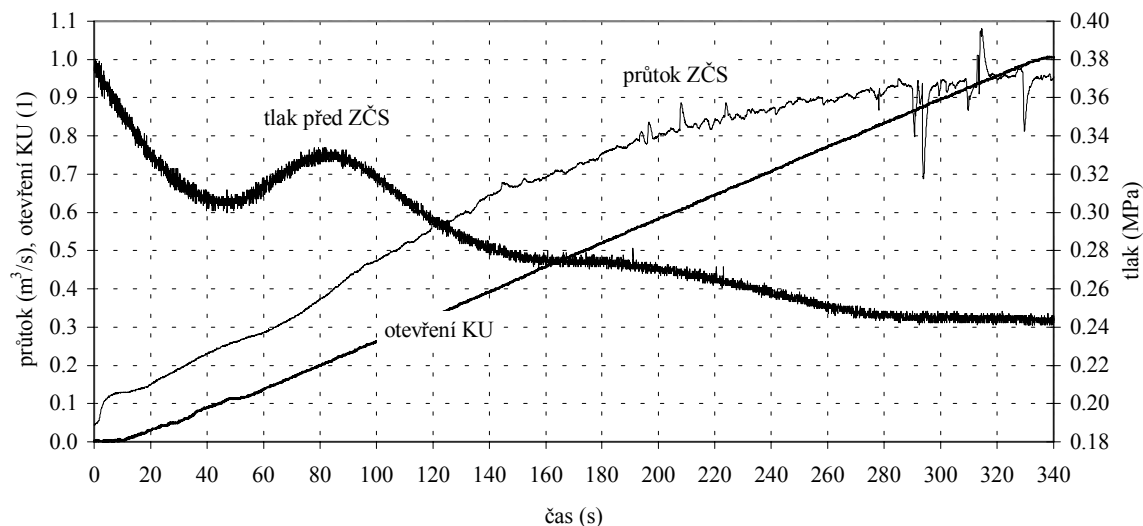
- otáčky čerpadla se mění skokově z 0 na 1450 (ot/min)
- na nátoku je jeden symetricky škrčený větrník o objemu 30 (m³)
- na výtlačku jsou dva symetricky škrčené větrníky, o objemu po 30 (m³)



Kuželový uzávěr DN800, PN16 na základě autorových výpočtů vyrobila a dodala firma Pavelka Brno. Sestava kuželového uzávěru je na Obr.11.3, tvar profilové clony (v kuželovém uzávěru je jich celkem 6) je na Obr. 11.4.

Obr. 11.4 Definitivní tvar clony

Rozsáhlé a podrobné měření na díle se uskutečnilo ve dnech 15. a 16. 7. 1997, zajišťovala je brněnská firma TS HYDRO. Na Obr. 11.5 jsou pro srovnání vyneseny měřené historie neustálých průtoků ZČS a neustálých tlaků v nátoce ZČS. Jedná se o klíčový případ, spuštění čerpadla.



Obr. 11.5 Měřené historie nestacionárních průtoků a tlaků

Shrnutí:

1. **Protirázová ochrana** (kuželový uzávěr + symetricky škrcené větrníky na nátoku a výtlaku ZČS) **vyhovuje**, neboť čerpadlo se spolehlivě rozebíhá, nárůst průtoku ZČS během cca 335 (s) je plynulý, pokles tlaku je klidný a rezerva přetlaku v nátoku čerpadla je dostatečně vysoká – viz Obr. 11.5.
2. Měření v lokalitě Radotín poskytlo řadu **velmi cenných informací** pro objektivnější pohled na řešenou problematiku, nezbytné jsou **další experimenty** na dalších lokalitách, které by pomohly dále objasnit složitou problematiku přechodných hydraulických režimů ve zvyšovacích systémech a vedly k optimalizované metodice řešení protirázových ochran.

6 ZÁVĚR

Cíl práce: předložit ucelenou původní, teoreticky podloženou metodiku návrhu profilových clon kuželových uzávěrů pro regulaci velkých gravitačních a zvyšovacích vodovodů, uvést zásady praktické realizace předloženého postupu a porovnat teoretické řešení s experimenty na dílech.

Původní přínosy práce:

- 1 ucelená původní metodika návrhu kuželového uzávěru s profilovými clonami vycházející z analýzy ustálených a přechodných hydraulických procesů v gravitačním a zvyšovacím vodovodu
- 2 aplikace metody charakteristik pro předběžnou analýzu přechodných hydraulických procesů ve vodovodu tabelárním procesorem EXCEL
- 3 aplikace vlastního autorova programu DYNASTAT pro podrobnou analýzu přechodných hydraulických procesů ve vodovodu
- 4 uplatnění odvozené původní metodiky pro regulaci dvojice velmi dlouhých gravitačních vodovodů velké světlosti II. Brněnského oblastního vodovodu (BOV II). Nepominutelné bylo riziko a z toho plynoucí závažné důsledky případného chybného postupu, jen teoreticky podloženého
- 5 uplatnění odvozené původní metodiky pro regulaci velkého zvyšovacího vodovodu Radotín, opět s nezanedbatelným rizikem plynoucím z postupu jen teoreticky podloženého
- 6 porovnání očekávaných výsledků dosažených teoreticky a skutečných výsledků zjištěných při experimentálním ověřování na realizovaných dílech (Radotín – ověřování v r. 1997, BOV II - ověřování v r. 1998). Pro zdokonalení metodiky jsou nezbytné zkušenosti z měření na dalších dokončených vodovodech.

Výsledky práce: jsou využívány v pedagogické praxi autora a Odboru hydraulických strojů Victora Kaplana. Plně zapadají do nové koncepce výuky v rámci Energetického ústavu FSI. Jde o nově koncipované předměty Potrubní technika, Vodárny a čistírny aj. Další postup, v práci doporučený, odpovídá i záměrům vědeckovýzkumné činnosti odboru a jeho experimentální základny v oboru dynamiky tekutin a vývoje regulačních armatur.

7 ABSTRACT

This thesis is devoted to the investigation of one-dimensional transient phenomena in engineering structures, especially of the controlling of the flow in very long water conduits of large diameter. The municipal and industrial water-supply pipelines can be included into this group.

First the field of the theory and of state-of-the-art is charted. The fundamental method, well-known „method of characteristics“ is elaborated well. The range and the scope of spreadsheet processor for practical and educational use is demonstrated.

Waterhammer following decrease of the rate of flow in the pipe, can be controlled by using of the special control valves. Built-in profile orifices fitted cone valve is one of the better.

As a goal of the Thesis the complex step-by-step solution method of the built-in profile orifices fitted cone valve for the municipal and industrial water-supply pipelines is introduced. The cone valves for two large Czech municipal water-works in the phasis of the idea, hydraulic calculation, design, construction and in-situ measuring is shown, respectively.