

У таквим условима сифонски прелив ради као прелив практичног профила, али се на висину преливног млаза додаје и вредност $p_{vaz}/\rho g$, што повећава проток кроз прелив. Струјање преко прелива је са слободном површином, која није „сасвим” слободна, јер је аерација делимично ефикасна.

Ако кота ниво воде у узводном резервоару порасте изнад цеви за довод ваздуха, аерисање прелива престаје и прелив ради као обичан сифонски прелив.

Као код натеге, у сифонском преливу се јавља потпритисак који повећава проток, али који може да изазове кавитацију. Дозвољена висина потпритиска у сифонском преливу је 8,2 m [27].

3.5.14 Хидраулички модели објеката за евакуацију великих вода

Искуства у свету су показала, да је од свих срушених брана око једна трећина имала за узрок рушења недовољан капацитет евакуационих објеката. Зато се могућности пропуштања великих вода проверавају помоћу *хидрауличких модела*.

Објекти за евакуацију великих вода (преливи, прагови, уставе, слапишта и сл.) су хидраулички кратки објекти, на којима фиктивне, инерцијалне силе и силе тежине и притиска доминантно утичу на струјање. Сличност струјања у *природи* (*прототипу*) и на хидрауличком моделу постиже се једнаким међусобним односима поменутих сила. То значи да Фрудови бројеви, у природи и на моделу, на свим деловима објекта, треба да буду једнаки, како би односи инерцијалних и сила тежине и притиска били једнаки. У том случају је на моделу остварена *Фрудова сличност*.

За $Fr = v^2/(gl)$, где је l нека дужина, *размера за Фрудов број* је:

$$Fr_* = \frac{Fr_{\text{природа}}}{Fr_{\text{model}}} = \frac{v_*^2}{g_* l_*}, \quad (3.295)$$

где знак * указује да се ради о размери.

Да би се остварила Фрудова сличност за исти флуид – воду, на земљиној површини, где је размера за гравитационо

убрзање $g_* = 1$, потребно је остварити:

$$Fr_* = 1, \quad (3.296)$$

што даје размеру за брзине:

$$v_* = \sqrt{l_*}. \quad (3.297)$$

Како је размера за површину:

$$A_* = l_*^2, \quad (3.298)$$

онда је размера за проток:

$$Q_* = v_* A_* = l_*^{1/2} l_*^2 = l_*^{5/2}. \quad (3.299)$$

Размере (3.297) и (3.299) изведене су из Фрудове сличности.

Ако на евакуационом објекту има делова на којима су значајне и силе трења, као што је то на брзотоку, одводном тунелу и сл., мора се размотрити и *размера за Рејнолдсов број*:

$$Re_* = \frac{v_* l_*}{\nu_*}. \quad (3.300)$$

Са усвојеном Фрудовом сличности и истим флуидом, за који важи:

$$\nu_* = 1, \quad (3.301)$$

размера за Рејнолдсов број, при Фрудовој сличности, је:

$$Re_* = \frac{l_*^{1/2} l_*}{\nu_*} = l_*^{3/2}. \quad (3.302)$$

Вискозност воде утиче на силе трења, али и на мешање воде и ваздуха. Већа вредност вискозних сила смањује турбуленцију и тиме отежава мешање воде и ваздуха.

На различит начин, али са сличним последицама силе површинског напона значајно утичу на мешање воде и ваздуха – оваздушења тока. До оваздушења долази на брзотоку, посебно на степенастом брзотоку, при загушењу кружног прелива, у одводном тунелу, слапишту и на сличним деловима објекта.

Појава мешања воде и ваздуха повећава дубине воде, што обично смањује пропусну моћ евакуационог објекта. Зато се мора анализирати и размера Веберовог броја (Weber), W , где је Веберов број однос фиктивне, инерцијалне силе и силе површинског напона, према [16, 19, 33]. *Размера за Веберов број* је:

$$W_* = \frac{\rho_* l_* v_*^2}{\delta_*}, \quad (3.303)$$

где је δ коефицијент површинског напона.

Са истим флуидом:

$$\delta_* = 1 \quad (3.304)$$

и

$$\rho_* = 1, \quad (3.305)$$

размера за Веберов број, при Фрудовој сличности, је:

$$W_* = l_*, \quad (3.306)$$

што значи да ће вредност Веберовог броја, на моделу, бити мања од вредности исте величине у природи, према размери за дужину. Значајно мања вредност Веберовог броја на моделу значи да је мешање воде и ваздуха значајно мање на моделу него у природи.

Може се закључити, да ако је на моделу остварена Фрудова сличност у односу на природу, а користи се исти флуид – вода, због размера дефинисаних једначинама (3.302) и (3.306), вредности Рејнолдсовог и Веберовог броја биће различите у природи и на хидрауличком моделу. Као последица ће и силе инерције и тежине и силе које зависе од вискозности и површинског напона, у природи и на моделу, имати различите односе. Ова нарушавања сличности струјања називају се *ефектима размере*, и зависе од вредности размере за дужину l_* , према једначинама (3.302) и (3.306).

Једначина (3.302) указује да ће на моделу вредност Рејнолдсовог броја бити мања него на објекту, што према дијаграмима на сликама 2.12 и 3.5 значи да ће вредност коефицијента трења бити већа на моделу него у природи. Најчешће

је повећање занемарљиво, а струјање обично и даље остаје турбулентно, у храпавим цевима. У том случају се, за одређивање *размере за коефицијент храпавости по Манигу*, n_* , може искористити Шези–Манингова једначина:

$$v_* = \frac{1}{n_*} R_*^{2/3} I_*^{1/2} \quad (3.307)$$

одакле се добија:

$$n_* = l_*^{1/6}. \quad (3.308)$$

Коришћењем пластичног материјала за модел бетонског објекта ова размера се обично може задовољити. На тај начин се могу прихватљиво умањити ефекти размере, на силе трења код хидрауличких модела евакуационих објеката, као што су брзоток, одводни тунел и сл.

Објашњено је да мешање воде и ваздуха зависи од ефеката размере, а да значајно утиче на струјање на неким евакуационим објектима, пре свега на њихов капацитет. Експерименти показују, [5], да се степен утицаја ефеката размере може одредити на основу испитивања на више хидрауличких модела, једног истог евакуационог објекта, различитих размера за дужине. Тако се могу проценити најмање, критичне вредности Рејнолдсовог и Веберовог броја на моделу, при којима ефекти размере занемарљиво мало утичу на струјање. То, по правилу, намеће мале вредности размере за дужине l_* , па димензије модела и захтевани проток (који треба у лабораторијским условима обезбедити, уз потребну денивелацију горње и доње воде) постају неприхватљиво велики. Проблем се решава изградњом два модела: *хидрауличког модела целине* и *парцијалног хидрауличког модела*.

На моделу целине решавају се сви проблеми који проистичу из просторног струјања преко евакуационог објекта. Уобичајене размере за дужине су од 30 до 60. Размера за дужине на парцијалном моделу одређује се тако да Re и W бројеви на моделу, буду већ од критичних вредности. На парцијалном моделу се решавају проблеми који зависе од мешања воде и ваздуха. Обично се „издваја” само део објекта, што подразумева увођење нових, „вештачких” граничних услова.

Уобичајене размере за дужине, код парцијалних модела, су од 10 до 15.

На слици 3.94 приказане су фотографије хидрауличких модела прелива и степенастог брзотока на брани „Боговина”, на реци Црни Тимок. Модел целине, на слици под „а”, изграђен је са размером за дужине 45, а парцијални модел, под „б”, са размером за дужине 12, чиме су ефекти размере сведени на прихватљиву меру. Јасно се види да се на степенастом брзотоку модела целине не мешају вода и ваздух, док се при истом протоку, на парцијалном моделу, нешто низводније од прелива, ствара мешавина воде и ваздуха. Капацитет прелива одређен је на моделу целине, а на парцијалном моделу одређене су дубине воде на брзотоку и струјање у слапишту.



а)

б)

Слика 3.94: Хидраулички модели прелива са степенастим брзотоком бране „Боговина”, на реци Црни Тимок: а) модел целине у размери 1:45 и б) парцијални модел у размери 1:12.