

UDC 556:626:627.01

PROBLEMS OF EXPERIMENTAL STUDY OF ACCUMULATED AIR RELEASE**A.M. Simonyan¹, A.Ya. Margaryan², T.S. Martirosyan², H.V. Baiunys³**¹*Institute of Water Problems and Hydro-Engineering Named After I.V. Eghiazarov*²*National University of Architecture and Construction of Armenia*³*Shushi University of Technology*

The paper studies accumulated in a pipeline air emission into the atmosphere. The analysis of the differential equation of a fluid column motion has shown that flow rate at the outlet section tends to infinity.

Since the blowout rate is finite then it is commonly accepted that blowout of air-mixed mass occurs not at the outlet section but at the section located at some Xx distance from the outlet section. This assumption is proven by the experiment carried out at the damaged force pipeline of the Saralanj pump station.

A formula has been derived to determine the blowout rate. To evaluate the Xx distance a laboratory experimental studies have been carried out. The measured magnitude of range obtained by the experiments enables to quantify the Xx value.

An analytic calculation method for energy loss in a straight hydraulically smooth pipe of uniform cross-section through which a viscous fluid flows in steady-state conditions has been suggested. This method enables to determine hydraulic friction losses based on a unified approach, i.e. without binding it to the fluid flow regime. Satisfactory convergence of calculated and known in literature values of friction resistance coefficients has been shown.

Key words: *fluid, viscosity, velocity, energy, loss, pressure.*

Introduction

Complex and effective use of water resources requires combination of environmental, socio-economic and technical issues. In irrigation and drinking water systems of the Republic of Armenia hundreds of pump stations, gravity water pipelines are in operation of which the total length of the water main measures three thousand km. [3]. Physiographic characteristics, rough landscapes of mountainous countries cause serious difficulties for implementation and effective operation of engineering infrastructures and especially water supply systems.

In highlands pressure lines of irrigation, drinking water gravity canals and pump stations have many siphon sections in the vertical plane where air accumulations occur which sometimes are called air cushions [1,2,7,8,10]. The main reason of air accumulations development in high locations of gravity pipelines is an aerated water entry developed in head works. rising and descending branches of high location pipelines in many cases are of large inclination due to which air accumulations developed in the siphon sections in conditions of operation hydraulic mode are not entrained by the fluid flow. As a consequence of all this the value of discharge flow through the pipeline is diminished. Not frequently, particularly, in small diameter siphon pipes the bubbles can occupy the entire section of the siphon pipes and make the siphon flow stop [4, 9, 12].

Many research workers carried out theoretical and experimental study of air accumulation development reasons in siphon sections of a pipeline and impact of the accumulations on the hydraulic mode. Release from the pipe end of the accumulated air entrained by fluid flow is less studied and

known as “Air Shot”. This phenomenon occurs almost in all pipelines functioning in pressure mode mainly when hydraulic mode undergoes a drastic change [5].

At the moment you open your kitchen water tap after a long interruption of the water supply service when the pipeline became full of air a sudden release of water mixed with accumulated air will occur with a specific noise reminding that of sneezing. This stream of the water and air mixture strongly hits the washbasin. This phenomenon is far more dangerous in gravity water lines, pressure pipelines of pump stations. There it causes destruction and rupture of the pipe in head works (Mkfchian pump station first step, Saralanj pump station, Hermon-Elpin gravity canal [4]).

Waterlines of turbine installations of small hydropower stations built in the last decade in Armenia are located higher than the head works of the gravity waterline. It makes operation of the station complications [7,11]. In case the small hydropower stations taken out of service in the head works of the waterline due to water discharge abrupt decrease a difference occurs between the given and demanded discharges and as a consequence on some part of the waterline adjacent to the head works non-pressure flow is developed.

When on derivation length at the river section the discharge is recovered, in the head works the water level rise takes place, but the waterline no longer can receive additional discharge, till the entrapped in the pipeline air is not removed by an air release valves.

Currently a number of gravity waterlines are under design and construction in the country. Most of problems we are after is related to the design, effective operation, raising of safety, and maintenance.

Release of accumulated air was also observed in non-pressure tunnel of Tatev hydropower stations. As a result of a discharge more than water discharge, the tunnel cross-section was locked and when the entrapped air was released from the entrance section, the metal structures of the tunnel portal were destroyed.

Conflict settings

The problem of theoretical analysis of the water and air mixture stream release from the pipe end is reduced to determination of two physical magnitudes: *release velocity* and *a force that stream hits on the motionless obstacle*.

Theoretically, determination of these two physical magnitudes, particularly, impact of the released mass on an motionless obstacle, is impossible, because releasing aerated two-phase mass concentration is unknown. For this reason investigation of this phenomenon should be carried out experimentally.

Research results. We planned to design, build, and install an experimental setup (Fig.1) in the hydraulic research laboratory of the Institute of Water Problems and Hydro-engineering after Academician Eghiazarov.

The experimental setup consists of a D=25mm diameter glass tube (1), plug valve (2), check valve (3), valve of discharging unit (4), air release valve (5), flexible unit of connection (6), slope changing device (7). The experimental setup is fed from a large basin, which is installed at H=7m height from the entrance valve.

Sequence of experiments performance and obtained results

The experiment is performed in the following way: the glass tube is installed at $i_0 = \sin \alpha$ angle and by full opening the entrance valve the discharge Q and long-term L_0 are measured (Fig.1).

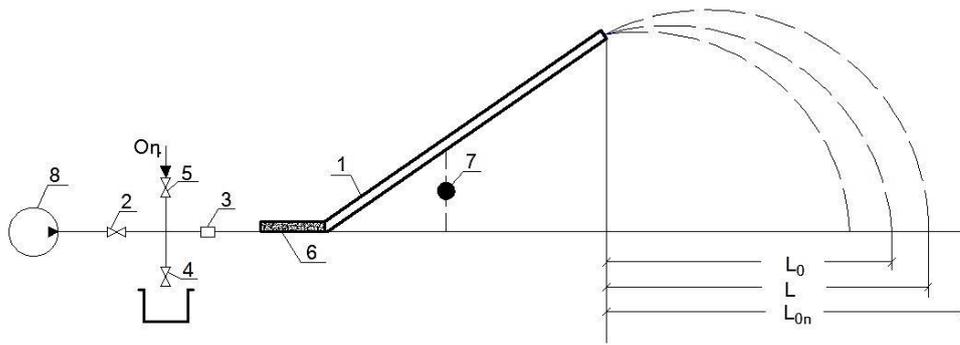


Figure 1. Experimental setup for release phenomenon observation

Trajectory equation of the stream's central particle can be expressed as

$$y = \frac{g x^2}{2V^2 \cos^2 \alpha} - xtg\alpha \tag{1}$$

Taking into account that when $y = h$, $x = L$, we have

$$L = \frac{V}{g} \cos\alpha \left(V \sin\alpha + \sqrt{V^2 \sin^2 \alpha + 2gh} \right) \tag{2}$$

It is evident that $L_0 / L = k$ quantity will characterize atmospheric air influence on the range of the stream.

A.Ya.Margaryan [5,7] differential equation of the fluid column situated in front of air accumulation (in the line of flow) presents as

$$\frac{dV}{dt} = \frac{g i_0}{A} \frac{p_0 W_0}{x \left[p_0 + \rho g x \left(i_0 + \frac{Q^2}{K^2} \right) \right]}, \tag{3}$$

where p_0 and W_0 are initial absolute pressure and volume of air accumulation, respectively, K is pipeline transmission capacity, x is the length of the fluid column between the outlet cross-section and air accumulation.

From Eq.(3) it follows that when $x \rightarrow 0$, $dV/dt \rightarrow \infty$ hence $V \rightarrow \infty$, that is from the pipe's end air accumulation is released by infinite high velocity.

The below table shows relative release ranges

Table 1

Relative release ranges

α	h	Q	V	L_{0d}	L_0	L	L_{0d} / L_0	$k = L_0 / L$
0	cm	cm ³ /s	cm/s	cm	cm	cm	-	-

Actually the release velocity is final. This means that air mixed fluid flight starts from a section located at some x_* distance from the pipe end (Fig.2).

Let us determine $V(x)$ function in the $[x_0, x_*]$ interval. As far as $dx = -Vdt$, then Eq.(3) takes the following expression of a differential equation with detachable variables

$$VdV = -\frac{b}{c} \frac{dx}{\left(x + \frac{p_0}{2c}\right)^2 - \left(\frac{p_0}{2c}\right)^2}, \quad (4)$$

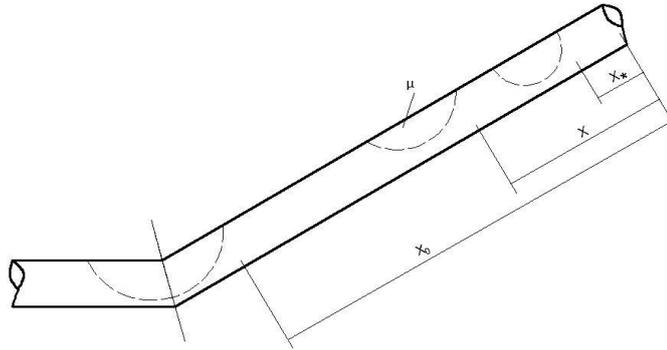


Figure 2. Time-dependent positions of air accumulation

$$\text{where } b = p_0 W_0 \frac{i_0 g}{A}, \quad c = \rho g \left(i_0 + \frac{Q^2}{K^2} \right); \quad (5)$$

Substituting the variable, we have

$$x + \frac{p_0}{2c} = u \quad \text{and denoting } \frac{p_0}{2c} = a: \quad (6)$$

Eq.(4) takes the following expression

$$VdV = -\frac{b}{c} \frac{du}{u^2 - a^2}; \quad (7)$$

Integrating Eq.(8) for boundary conditions

$$u = u_0, \quad V = 0, \quad (8)$$

we get

$$V^2 = \frac{b}{ca} \ln \left| \frac{(u_0 - a)(u + a)}{(u_0 + a)(u - a)} \right|; \quad (9)$$

Substituting constants of Eqs.(5) and (6), we have

$$V = \sqrt{\frac{2g i_0 W_0}{A}} \sqrt{\frac{\ln \left(\frac{x_0 \left(x + \frac{p_0}{\rho g (i_0 + Q^2 / K^2)} \right)}{x \left(x_0 + \frac{p_0}{\rho g (i_0 + Q^2 / K^2)} \right)} \right)}{}} : \quad (10)$$

First root of Eq.(10) has a dimension of velocity

$$\sqrt{\frac{2g i_0 W_0}{A}} = V_0 : \quad (11)$$

Hence

$$V = V_0 \sqrt{\ln \frac{x_0 (x + m)}{x (x_0 + m)}}, \quad (12)$$

$$\left(m = \frac{p_0}{\rho g (i_0 + Q^2 / K^2)} \right) \quad (13)$$

According to the above assumption and substituting $x = x_*$ in Eq.(12), we get the release velocity

$$V_* = V_0 \sqrt{\ln \frac{x_0 (x_* + m)}{x_* (x_0 + m)}} : \quad (14)$$

Conclusion

Experimental studies will enable to clear up a number of problems which play a decisive role in design and operation processes, including the following:

1. findings obtained by experimental study on air accumulations displacement nature in gravity waterlines,
2. analysis of results obtained by theoretical and experimental study on critical velocity value of air accumulation entrainment by fluid flow,
3. theoretical and experimental study on air accumulation development reasons in the pressure pipeline and impact mechanism of water and air mixture stream released from the end outlet of the pipeline.

The work has been performed within the framework of 15T-2K263 theme.

References

1. Բարխուդարյան Մ.Ա. Խողովակաշարի գործարկումը դրանում որսված օդի առկայության դեպքում // Հայաստանի շինարարների տեղեկագիր, հատուկ թողարկում. - Երևան: Հայաստանի շինարարների միություն հրատ., 2004. N1.-էջ7-10:

2. Հակոբյան. Մ.Պ., Գևորգյան Ա.Ա. Հեղուկի հոսանքի կողմից օդային կուտակման տարման տեղական արագությունը // Հայաստանի շինարարների տեղեկագիր.-Երևան: Հայաստանի շինարարների միություն հրատ., 2012. N11-12. -էջ 23-30:
3. Հայաստանի Հանրապետության ջրային օրենսգիրք //ՀՀ պաշտոնական տեղեկագիր. - N24(199):
4. Մարգարյան Ա.Յա., Սիմոնյան Ա.Մ. Ջրատարի ընթացա•ծի ընտրման առանձնահատկությունները լեռնային ռելիեֆի պայմաններում (Հերմոն-Ելփին ջրատարի օրինակով): // ԵՃՇՊՀ-ի տեղեկագիր. -Երևան: ԵՃՇՊՀ-ի հրատ., 2010. N1. -էջ 45-48:
5. Մարգարյան Ա.Յա. Հիդրավլիկական հարված և խողովակաշարերի պաշտպանություն // Երևան: ԵՃՇՊՀ-ի հրատ., 2010. 292 էջ:
6. Մարգարյան Ա.Յա., Թոքմաջյան Հ.Վ., Դաշտոյան Լ.Վ. Խողովակաշարերի վթարների ազդեցությունը հիդրավլիկական ռեժիմների վրա և ուղեկցվող երրոյթները // ՀՀ ԳԱԱ և ՀՊՃՀ-ի տեղեկագիր (տեխ. գիտ. սերիա), 2014. N1(67). էջ 89-94:
7. Акопян М.П. Условие равновесия воздушного скопления, критическая скорость. // Сборник научных трудов ЕГУАС. – Ереван: Изд-во ЕГУАС, 2013. N2(49), С.144-150.
8. Дикаревский В.С. Влияние скоплений воздуха на работу напорных водоводов. Водоснабжение и санитарная техника. -М.: 1962. № 4. С. 14-15.
9. Свешников И.П., Карев В.Н. Некоторые вопросы, связанные с образованием воздушных пробок в трубопроводах// Водоснабжение и санитарная техника, М.: 1959, № 9, С. 7-9.
10. Яковлев Н.П. Исследование движения воздушных скоплений в трубопроводах // Гидротехника и мелиорация: Труды ВНИИГиМ, -М., 1964. т. 44. - С. 52-60.
11. Margaryan A.Ya., Tokmajyan V.H., Impact of air Accumulation on the hydraulic regime of canal// International Simposium on Engineering and Architecture Sciensse of Balkan, , Vol.3, 2009, P.223-229
12. Veronese A. Sul motto delle bolle d'aria nelle condotte d'acqua (in Italian).” Estrato dal fascicolo X, Vol XIV, October. 1937, p15.h

References

1. Barkhudaryan M.A. Startup of a pipeline in case there is entrained air therein.// Bulletin of Builders Union. Special issue. Yerevan. Union of Builders of Armenia. 2004. №1, pp.7-10.
2. Hakobyan M.P., Gevorgyan A.A. Local velocity of carrying along the accumulated air by fluid flow.// Bulletin of Builders Union. Special issue. Yerevan. Union of Builders of Armenia. 2012. №11-12, pp.23-30.
3. RA Water Code// Official Register. №24(199).
4. Margaryan A.Ya., Simonyan A.M. Particulars of a water passage choice in mountain relief conditions (by the example of Hermon-Elpin water duct).//NUACA Bulletin. Yerevan, YUAC Publishers. 2010.№1, pp.45-48.
5. Margaryan A.Ya. Hydraulic shock and pipeline protection.//Yerevan, YUAC Publishers. 2010. №1, p.292.
6. Margaryan A.Ya., Tokmajyan H.V., dashtoyan L.V. Influence of pipelines damage on hydraulic regimes and phenomena.//RA NAS and NUACA Bulletin(technical sciences series), 2014, №1(67), pp.89-94.
7. Hakobyan M.P. equilibrium condition of entrained air, critical velocity.//Collection of papers, YUAC Publishers, 2013, №2(49), pp. 144-150.

8. Dikarevski V.S. Influence of entrained air on pressure water conduit performance.//Water supply and sanitary engineering. M, 1962. №4, pp.14-15.
9. Sveshnikov I.P., Karev V.N. Some issues related to formation of airlock in pipelines.// Water supply and sanitary engineering. M, 1959. №9, pp.7-9.
10. Yakovlev N.P. Study on entrained air in pipelines.//Hydro engineering and land reclamation., Proceedings of VNIIGandM, M.1964, Vol.44, pp.52-60.
11. Margaryan A.Ya., Tokmajyan V.H., Impact of air Accumulation on the hydraulic regime of canal// International Simposium on Engineering and Architecture Sciensse of Balkan, , Vol.3, 2009, P.223-229.
12. Veronese A. Sul motto delle bolle d'aria nelle condotte d'acqua (in Italian).” Estrato dal fascicolo X, Vol XIV, October. 1937, p15.

ԽՈՂՈՎԱԿԱՇԱՐԻՑ ՕԴԱՅԻՆ ԿՈՒՏԱԿՄԱՆ ԱՐՏԱՆԵՏՄԱՆ ՓՈՐՁԱՐԱՐԱԿԱՆ ՎԵՏԱԶՈՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԽՆԴԻՐՆԵՐԸ

Ա.Ա. Սիմոնյան¹, Ա.Յա. Մարգարյան², Տ.Ս. Մարտիրոսյան², Հ.Վ. Բայունց³

¹Ակադեմիկոս Ի.Վ. Եղիազարովի անվան ջրային հիմնահարցերի և հիդրոտեխնիկայի ինստիտուտ

²Ճարտարապետության և շինարարության Հայաստանի ազգային համալսարան

³Շուշիի տեխնոլոգիական համալսարան

Քննարկվում է խողովակում առկա օդային կուտակման՝ մթնոլորտ արտանետման երևույթը: Օդային կուտակման առջև գտնվող հեղուկի սյան շարժման դիֆերենցիալ հավասարման վերլուծությամբ պարզվել է, որ ելքի կտրվածքում հոսանքի արագությունը ձգտում է անվերջության:

Քանի որ արտանետման արագությունը պետք է լինի վերջավոր, ապա ընդունված է, որ օդախառը զանգվածի արտանետումը կատարվում է ոչ թե խողովակի ելքի կտրվածքից, այլ դրա ծայրից որոշ Xx հեռավորության վրա գտնվող կտրվածքից:

Այս պնդումը հաստատվել է Սարալանջի պոմպակայանի վթարված մղման խողովակաշարի վրա կատարված փորձերով:

Ստացվել է արտանետման արագության որոշման բանաձև: Որպեսզի գնահատվի Xx-ի մեծությունը, կատարվել են լաբորատոր փորձնական հետազոտություններ: Դրանց արդյունքում որոշված հեռահարության չափված մեծության միջոցով գնահատվել է Xx- ի մեծությունը:

Բանալի բառեր. հեղուկ, մածուցիկություն, արագություն, էներգիա, կորուստ, ճնշում:

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОБЛЕМЫ ВЫБРОСА СКОПИВШЕГОСЯ ВОЗДУХА

А.М. Симонян¹, А.Я. Маргарян², Т.С. Мартиросян², А.В. Баюц³

¹Институт водных проблем и гидротехники им. Академика И.В. Егизарова

²Национальный университет архитектуры и строительства Армении

³Шушинский технологический университет

В статье рассматривается проблема выброса воздуха в атмосферу, скопившегося в трубопроводе. Анализ дифференциального уравнения движения жидкости в трубе показывает, что скорость потока на выходе из секции, как правило, бесконечна.

Поскольку дебет фонтанирующей скважины ограничен, то обычно считается, что дебет смешанных воздушных масс происходит не на выходе выпускной секции, а на участке, расположенном в некотором X расстоянии от секционной розетки. Это предположение подтверждается экспериментом, проведенным трубопроводом насосной станции Сараландж.

Ключевые слова: жидкость, вязкость, скорость, энергия, потеря, давление.