

УДК 532.621

ПОТЕРИ НАПОРА В КОНИЧЕСКИХ ДИФFUЗОРАХ ПРИ МАЛЫХ ЧИСЛАХ РЕЙНОЛЬДСА

**Худайкулов С.И.,
Ахмедов З.Р.,
Турсунов Л.У.,
Мустофоев Ш.Х.,
Рахманова Д.К**

АННОТАЦИЯ

В данной статье на примере элементов, применяемых в устройствах гидротрансмиссий и систем гидроавтоматики, определена и обоснована проблема потери давления в конусных диффузорах при малых числах Рейнольдса.

***Ключевые слова:** числа Рейнольдса, давление, конусные диффузоры, гидротрансмиссия, системы гидроавтоматики, элементы.*

ABSTRACT

In this article, the issue of pressure loss in cone diffusers at low Reynolds numbers is determined and proven based on the elements used in hydraulic transmission and hydroautomatic systems.

***Key words:** Reynold's numbers, pressure, cone diffusers, hydraulic transmission, hydroautomatic systems, elements.*

В различных устройствах систем гидроприводов и гидроавтоматики применяются элементы, имеющие коническую форму проточной части - конические конфузоры и диффузоры. Размеры поперечного сечения таких элементов, как правило, сравнительно невелики, а движущаяся через них жидкость (минеральное масло) имеет большую вязкость. Поэтому, несмотря на относительно большую скорость течения жидкости, в конических элементах значения чисел Рейнольдса Re могут оказаться небольшими.

Известно, что при малых числах Рейнольдса преобладающее значение в сравнении с кинетической энергией потока принимает работа сил трения. В этой связи обнаруживается, что гидравлические коэффициенты (коэффициенты трения и местных сопротивлений), входящие в формулы потерь напора Дарси и Вейсбаха, оказываются существенно зависимыми от числа Re .

В общем случае местная потеря напора h_j для любого вида сопротивления независимо от режима движения определяется по формуле Вейсбаха:

$$h_j = \zeta_j \frac{g^2}{2g} \quad (1)$$

где g - средняя скорость в сечении трубопровода с местным сопротивлением; ζ_j - коэффициент местного сопротивления.

При движении жидкости с малыми числами Рейнольдса величина ζ_j - зависит как от формы проточной части сопротивления, так и от числа Re_d :

$$Re_d = \frac{gd}{\nu}, \quad (2)$$

где d - диаметр трубопровода на участке местного сопротивления; ν - кинематический коэффициент вязкости жидкости.

Вид зависимости ζ_j в функции от числа Re_d и формы местного сопротивления устанавливается, как правило, по данным экспериментальных последований. Анализ некоторых литературных источников [1-8], касающихся проблем гидравлических сопротивлений, показывает, что вопрос о расчете потерь напора в случае движения жидкости с малыми числами Re , изучен сравнительно мало даже для наиболее распространенных видов местных сопротивлений - таких, как резкое расширение и сужение труб.

Исследования В. Н. Карева [3] по определению потерь напора в случае резкого расширения трубы показали, что при ламинарном движении коэффициент местного сопротивления $\zeta_{p.p}$ существенно зависит от Re_d , причем в диапазоне чисел Рейнольдса от 1 до 9 $\zeta_{p.p}$ зависит только от числа Re_d и определяются по формуле:

$$\zeta_{p.p} = \frac{26}{Re_d} \quad (3)$$

В промежуточной зоне чисел Рейнольдса ($9 < Re < 3500$) коэффициент $\zeta_{p.p}$:

зависит как от числа Re_d , так и от отношения площадей $\frac{\omega_1}{\omega_2}$,

при $Re_d > 3500$ коэффициент $\zeta_{p.p}$ является функцией только отношения

$$\frac{\omega_1}{\omega_2}.$$

А. Д. Альтшуль [2] на основании имеющихся экспериментальных данных и отдельных теоретических исследований предлагает коэффициенты местных сопротивлений при движении через диафрагму, а также для ряда других случаев местных сопротивлений при $Re_d < 10$ определять по формуле:

$$\zeta = \frac{A}{Re_d} \quad (4)$$

где величина коэффициента A зависит от геометрии местного сопротивления:

$$A = \frac{25,2}{n^2} \quad (5)$$

причем $n = \frac{w}{w_0}$ - степень сжатия потока; w - площадь сечения трубы; w_0 -

площадь сечения отверстия диафрагмы.

Движению несжимаемой и сжимаемой жидкости в конических диффузорах при больших скоростях, отвечающих турбулентному режиму, посвящено большое число работ, и эту задачу можно считать в основном решенной.

Потери напора в диффузоре при турбулентном режиме движения определяются по формуле Вейсбаха (1). Коэффициент сопротивления $\zeta_{диф.}$ берется из справочной литературы.

Иногда условно выделяют из общих потерь в диффузоре потери на трение по длине диффузора, т. е. местная потеря напора в диффузоре определяется на участке длиной, равной нулю.

Тогда общие потери напора в диффузоре можно представить в виде суммы:

$$h_{диф.} = h_{l_{диф.}} + h_{расш.}, \quad (6)$$

где $h_{l_{диф.}}$ - потери на трение по длине диффузора; $h_{расш.}$ - местная потеря напора, определяемая на участке длиной $l = 0$ условно называемая потеря на расширение.

Коэффициент общих потерь напора в диффузоре соответственно можно представить как сумму:

$$\zeta_{диф.} = \zeta_{тр} + \zeta_{расш.} \quad (7)$$

Что же касается расчета конических диффузоров при движении в них жидкости с малыми числами Re , то многие вопросы этой задачи, в частности, вопрос об отрывном течении еще не освещены в литературе.

Теоретическое решение движения жидкости в плоском и коническом диффузоре при заданном профиле скоростей в начальном его сечении было предложено С. М. Таргом [8].

Исследования уравнений С. М. Тарга [8] приводят к выводу, что при

$$\text{Re} \frac{\alpha}{2} < 3,69 \text{ (для плоского диффузора)} \quad (8)$$

и

$$\text{Re} \frac{\alpha}{2} < 4,73 \text{ (для конического диффузора)} \quad (9)$$

давление в направлении течения падает, т. е. $p_{\infty} < p_0$ (течение жидкости направлено в сторону падения давления); при значениях $\text{Re} \frac{\alpha}{2} > 3,69$ для плоского диффузора и $\text{Re} \frac{\alpha}{2} > 4,73$ для конического $p_{\infty} > p_0$, т. е. течение в диффузоре происходит в сторону возрастания давления. Исследования явления отрыва показали, что при $\text{Re} \frac{\alpha}{2} < \pi^2$ для плоского и $\text{Re} \frac{\alpha}{2} < 7,34$ для конического диффузора течение будет безотрывным.

При значениях $\text{Re} \frac{\alpha}{2} > \pi^2$ для плоского и $\text{Re} \frac{\alpha}{2} > 7,34$ для конического диффузора у их стенок происходит отрыв. При отрыве течение жидкости направлено в сторону возрастания давления.

В данной работе предлагается вниманию исследование потерь напора в конических диффузорах с отношением диаметров $\frac{D}{d} = 1,33$ и $\frac{D}{d} = 2,3$. Углы расширения α менялись для первого соотношения диаметров от 5 до 30°, для второго - от 8 до 59°. Числа Рейнольдса менялись от 1 до 30. В качестве рабочей жидкости использовался бесцветный медицинский глицерин с вязкостью $\nu \approx \text{стокса}$ (при $t=20^\circ \text{C}$). Для определения потерь напора в конических диффузорах при малых числах Рейнольдса необходима высокая точность проведения эксперимента, в частности, точность измерения давлений в контрольных сечениях, расходов жидкости, а также ее вязкости. Этим требованиям должна отвечать и экспериментальная установка. Объем бака обеспечивал подачу необходимого расхода в течение довольно продолжительного промежутка времени. В напорный бак жидкость периодически перекачивалась с помощью насоса из сливного бака. Такая схема подачи жидкости к местному сопротивлению обеспечивала сравнительно устойчивый

температурный режим проводимого эксперимента, так как исключала значительное нагревание жидкости при непрерывной работе насоса.

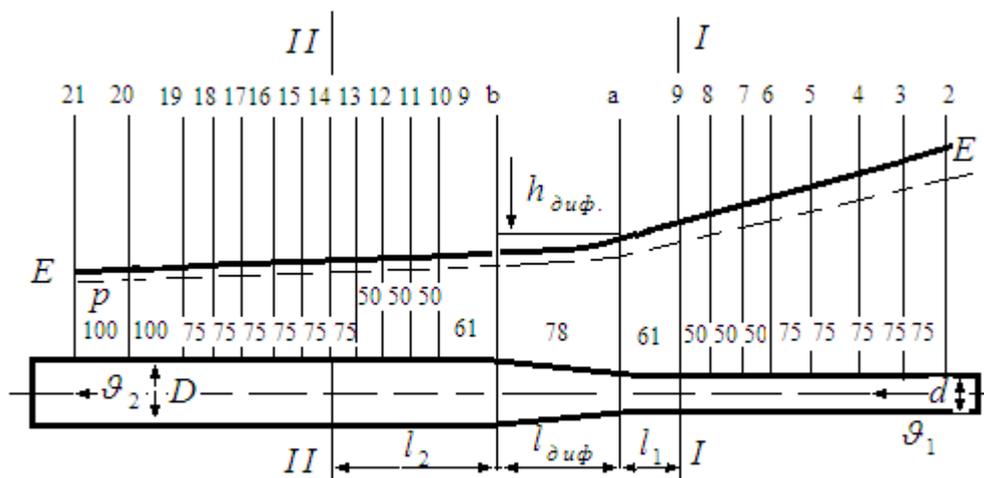


Рис.1. Схема для определения потерь напора в диффузоре

Самотечная система исключала и пульсационные явления, сопутствующие; подаче жидкости непосредственно от насоса, что имело место в работах В. Н. Карева, Н. В. Левкоевой [2] и др.

При обработке экспериментальных данных нами определялись как коэффициент общих потерь напора в диффузоре $\zeta_{diff.}$, так и коэффициенты потерь на расширение.

Потери напора рассчитывались в соответствии с уравнением Бернулли, написанным для двух контрольных сечений I-I и II-II. (Рис.1.)

$$h_{расш.} = \frac{p_1}{\gamma} - \frac{\alpha \vartheta_1^2}{2g} - \frac{p_2}{\gamma} - \frac{\alpha \vartheta_2^2}{2g} - h_{l_1} - h_{l_{diff}} - h_{l_2} \quad (10)$$

где $\frac{p_1}{\gamma}$ и $\frac{p_2}{\gamma}$ - отсчеты по пьезометрам, установленным в сечениях I-I и II-II; и h_{l_2} - потери напора по длине на участках от сечения I-I до диффузора и от диффузора до сечения II-II.

ЛИТЕРАТУРА (REFERENCES)

1. Чугаев Р. Р. Гидравлика. Л., «Энергия», 1970.
2. Альтшуль А. Д. Местные гидравлические сопротивления при движении вязких жидкостей. М., Гостоптехиздат, 1962.
3. Карев В. Н. Потери напора при внезапном расширении трубопроводов. «Нефтяное хозяйство», № 11, 12, 1952.

4. Альтшуль А. Д. Киселев П. Г. Гидравлика и аэродинамика. М., Сгройиздат, 1965.
5. Идельчик И.Е. Аэродинамика потока и потери напора в диффузорах. Промышленная аэродинамика, № 3, 1947.
6. Френкель Н.З. Гидравлика. М.—Л., Госэнергоиздат, 1956.
7. Идельчик И.Е. Гидравлические сопротивления. М.—Л., Госэнергоиздат, 1954.
8. Тарг С. М. Основные задачи теории ламинарных течений. М.—Л., Гостехиздат,
9. Худайкулов С., Бегимов У. Пачкамар сув омбори гидроканалидаги ривожланган кавитацияни моделлаштириш.. Математик моделлаштириш, хисоблаш математикаси ва дастурий таъминот инженериясининг долзарб муаммолари республика илмий-амалий анжумани маърузалар туплами 2020 йил 23-24 октябрь, Карши б.б.92-95.
10. Худайкулов С.И., Бегимов У.И. «Кавернанинг тебранма характери тенгламасини моделлаштириш» Ишлаб чиқаришга инновацион технологияларни жорий этиш ва қайта тикланадиган энергия манбаларидан фойдаланиш муаммолари” *мавзусидаги республика миқийёсидаги илмий-техник анжуманнинг материаллари тўплами*. 1-том (2020 йил 2 ноябрь. Жиззах.) Б430-432.
11. Жовлиев У.Т., Казаков Э., Якубов Г. “Extension Of Tubular Water Discharge Limitations With Water Flow Extinguishers” “International journal of scientific & technology research volume 8, issue 12, december 2019 issn 2277-8616 Pp-2080-2082 www.ijstr.org”(ScopusISSN 2277-8616) IF.4.850
12. Жовлиев У.Т., Худайкулов С.И. Алгоритм учёта вихревых зон при входе в насосы. Вестник Туринского политехнического университета в городе Ташкенте, выпуск 1/2018. С.58-60. (05.00.00; №25)
13. Жовлиев У.Т., Маннопова Х, Худайкулов Б.С. «Связь зоны пониженного или повышенного давления с характерным изменениям скоростного напора» Ж: Проблемы механики. № 3, Ташкент 2018 С.87-91.(05.00.00;№6)
14. Жовлиев У.Т., «Юқори босимли гидротехник иншоотларда сув ҳаракатидаги вибрация жараёнлари» Ж.: Агро Илм № 2, Тошкент 2019, С. 96-98.(05.00.00; №3)
15. Ў.Жовлиев. «Юқори босимли иншоотларда вужудга келадиган шиддатли оқимнинг гидравлик параметрлари» Ўзбекистон Қишлоқ ва сув хўжалиги журнали илмий иловаси. “AGRO-ILM» Тошкент 2019. № 3, С. 66-67. (05.00.00; №3)