

**Селиверстов Михаил Владимирович,**  
Студент 3 курса, Строительно-технологический факультет,  
направление: гидротехническое строительство, группа 23-ФИСПОС-105,  
Самарский государственный технический университет  
Академия строительства и архитектуры

### МЕСТНЫЕ ПОТЕРИ НАПОРА. СЛУЧАИ ВНЕЗАПНОГО СУЖЕНИЯ И РАСШИРЕНИЯ КАНАЛА

**Аннотация.** В данной статье рассматриваются явления местных потерь напора, возникающие в системах гидравлики и водоснабжения при внезапных изменениях геометрии каналов, таких как сужения и расширения. Основное внимание уделяется физическим механизмам, вызывающим эти потери, а также их количественной оценке. Описываются различные подходы к расчету потерь напора, включая эмпирические формулы и численные методы моделирования. В заключение обсуждаются рекомендации по проектированию каналов с целью минимизации потерь и повышения общей эффективности систем. Статья предназначена для инженеров-гидравликов, проектировщиков и студентов, изучающих гидравлические процессы.

**Ключевые слова:** Скорость воды, внезапное расширение, внезапное сужение, местное сопротивление.

Местные сопротивления создаются фасонными частями, арматурой и другим оборудованием трубопроводных сетей; они вызывают изменение величины или направления скорости движения жидкости на отдельных участках трубопровода, что всегда связано с появлением дополнительных потерь напора

Внезапное расширение потока – это вид местного сопротивления, когда диаметр трубопровода резко изменяется от меньшего к большему.

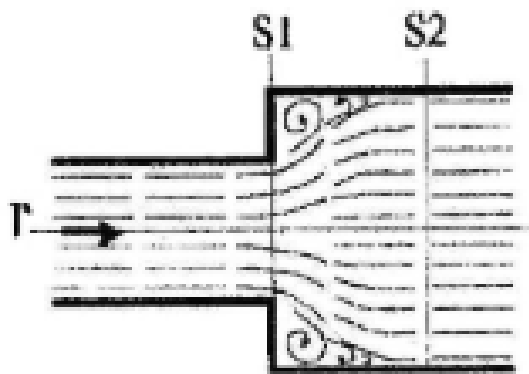


Рисунок 1. Внезапное расширение потока.

Поток с параметрами  $p_1$ ,  $V_1$ , двигаясь по инерции, в сечении 1-1 срывается с внутренней угловой кромки и образует струю. Вследствие наличия продольных сил трения, действующих на боковой поверхности струи, происходит ее расширение до полного заполнения трубы большего диаметра в сечении 2-2. Между сечениями 1-1 и 2-2 имеет место отрыв потока от стенок трубопровода и в пространстве между транзитной струей и стенками образуется кольцевая вихревая зона. Эта зона может иметь несимметричный вид и не является



устойчивой, поскольку транзитной струей из нее периодически захватываются отдельные крупные вихри, которые сносятся потоком вниз по течению. Эти вихри постоянно дробятся в основном потоке и затухают, а в зоне отрыва образуются новые вихри. Таким образом, при внезапном расширении энергия затрачивается на образование вихревой зоны, поддержание вращательного движения в ней, унос вихрей из зоны отрыва и их дробления на участке расширения струи.

Поток стабилизируется по длине, равной примерно десяти диаметрам трубопровода.

Потери напора при внезапном расширении трубопровода определяются по формуле Борда:

$$h_{\text{вн.р}} = (V_1 - V_2)^2 / (2g) = \zeta_{\text{вн.р}} * V_2^2 / (2g), \quad (1)$$

где

$\zeta_{\text{вн.р}} = (\omega_2 / \omega_1 - 1)^2$ , где

$\omega_2$  и  $\omega_1$  – площади сечения трубопровода соответственно сечения 2-2 и 1-1,

$V_1$  и  $V_2$  – скорости в сечениях трубопровода соответственно 1-1 и 2-2,

$g$  – ускорение свободного падения.

Внезапное сужение потока – это вид местного сопротивления, когда диаметр трубопровода резко изменяется от большего к меньшему.

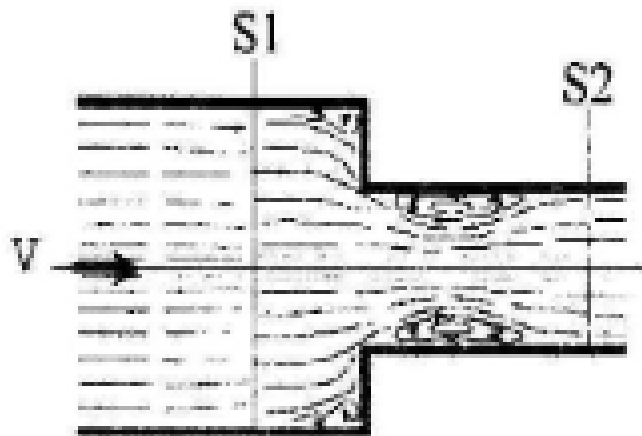


Рисунок 2. Внезапное сужение потока.

При внезапном сужении потери обусловлены, во-первых, трением потока при входе в трубу меньшего диаметра и, во-вторых, потерями на вихреобразование. Последние обусловлены тем, что на частицы жидкости, движущейся по криволинейным траекториям, действуют силы, направленные к оси струи. Двигаясь под действием этих сил, частицы жидкости не обтекают входной угол, а срываются с него, что приводит к сужению потока на участке трубопровода меньшего диаметра. Кольцевое пространство, образованное сжатым потоком и стенками трубы, заполняется завихренной жидкостью.

Для определения коэффициента местного сопротивления внезапного сужения можно воспользоваться формулой И. Е. Идельчика:

$$\zeta_{\text{вн.с}} = 0,5 * (1 - n) \quad (2)$$

где

$n$  – степень сжатия потока (отношение площадей сечения узкой и широкой трубы):

$n = \omega_2 / \omega_1$ ,

Потери напора при внезапном сужении будут найдены по формуле:



$$h_m = \zeta_{вн.с} * V^2 / (2g) \quad (3)$$

В качестве рекомендаций по уменьшению потерь напора при внезапном сужении и расширении могут выступить:

**Плавные переходы:** Использование плавных (конусообразных) переходов вместо резких сужений и расширений. Это позволяет снизить турбулентность и уменьшить местные потери.

**Увеличение длины перехода:** Увеличение длины участков, где происходит сужение или расширение, может помочь сгладить поток и снизить потери напора.

**Использование диффузоров:** для расширений можно применять диффузоры, которые помогают плавно увеличивать диаметр и уменьшают скорость потока, что снижает потери.

**Минимизация препятствий:** Устранение ненужных препятствий и элементов, которые могут вызывать дополнительные потери, таких как клапаны или фитинги, расположенные близко к зонам сужения и расширения.

#### **Заключение.**

Местные потери напора, возникающие в результате внезапных сужений и расширений каналов, представляют собой важный аспект в области гидравлики и проектирования водоснабжающих систем.

Практические примеры иллюстрируют значительное влияние местных потерь на эффективность работы гидравлических систем, подчеркивая необходимость тщательного анализа и учета этих факторов на этапе проектирования. Рекомендации по минимизации потерь напора, такие как использование плавных переходов и оптимизация геометрии каналов, могут существенно повысить общую производительность систем.

Таким образом, осознание и понимание местных потерь напора являются ключевыми для достижения эффективного и устойчивого функционирования гидравлических систем. Будущие исследования в этой области могут внести вклад в разработку новых технологий и методов, направленных на улучшение эффективности водоснабжения и управления водными ресурсами.

#### *Список литературы:*

1. Справочник по гидравлическим расчетам. Под с 74 ред. П. Г. Киселева. Изд. 5-е. М., «Энергия», 1974.
2. Чертоусов М.Д. Специальный курс гидравлики [Учеб. пособие для гидротехн. специальностей высш. учеб. заведений]. – 2-е изд., перераб. и доп.. – Ленинград, Москва: Госэнергоиздат, 1949. – 408 с., 4 отд. л. граф. черт.; 27.
3. <https://top-technologies.ru/ru/article/view?id=23679>.
4. Известия РАН. Механика жидкости и газа, 2019, № 1, стр. 68-77. ЛАМИНАРИЗАЦИЯ ПОТОКА ПРИ ТЕЧЕНИИ С ТЕПЛООБМЕНОМ В ПЛОСКОМ КАНАЛЕ С КОНФУЗОРОМ. В. Г. Лущик а, \*, М. С. Макарова а., А. И. Решмин а, \*а МГУ им. М.В. Ломоносова, Научно-исследовательский институт механики. Москва, Россия.

