

Министерство образования и науки Украины  
Харьковский национальный университет городского хозяйства  
имени А.Н. Бекетова

Кафедра водоснабжения, водоотведения и очистки вод  
Дисциплина – **«Специальные вопросы гидравлики,  
водопроводных и водоотводящих сооружений»**

ЛЕКЦИЯ № 2

**«Водосливы, ливневые выпуски и  
выпуски»**

Преподаватель: доц. Шевченко Тамара Александровна

Харьков - 2014

# Основные типы водосливов и формы струи

**Водосливом** называют безнапорное отверстие (вырез в стенке), через которое протекает жидкость.

## Классификация водосливов

*В зависимости от геометрической формы:*

- прямоугольные;
- треугольные;
- трапецеидальные;
- круговые;
- параболические;
- с наклонным гребнем и т.д.

*По очертаниям водосливной стенки в плане:*

*- с прямолинейным в плане гребнем:*

- а) нормальные или лобовые;
- б) косые;
- в) боковые;

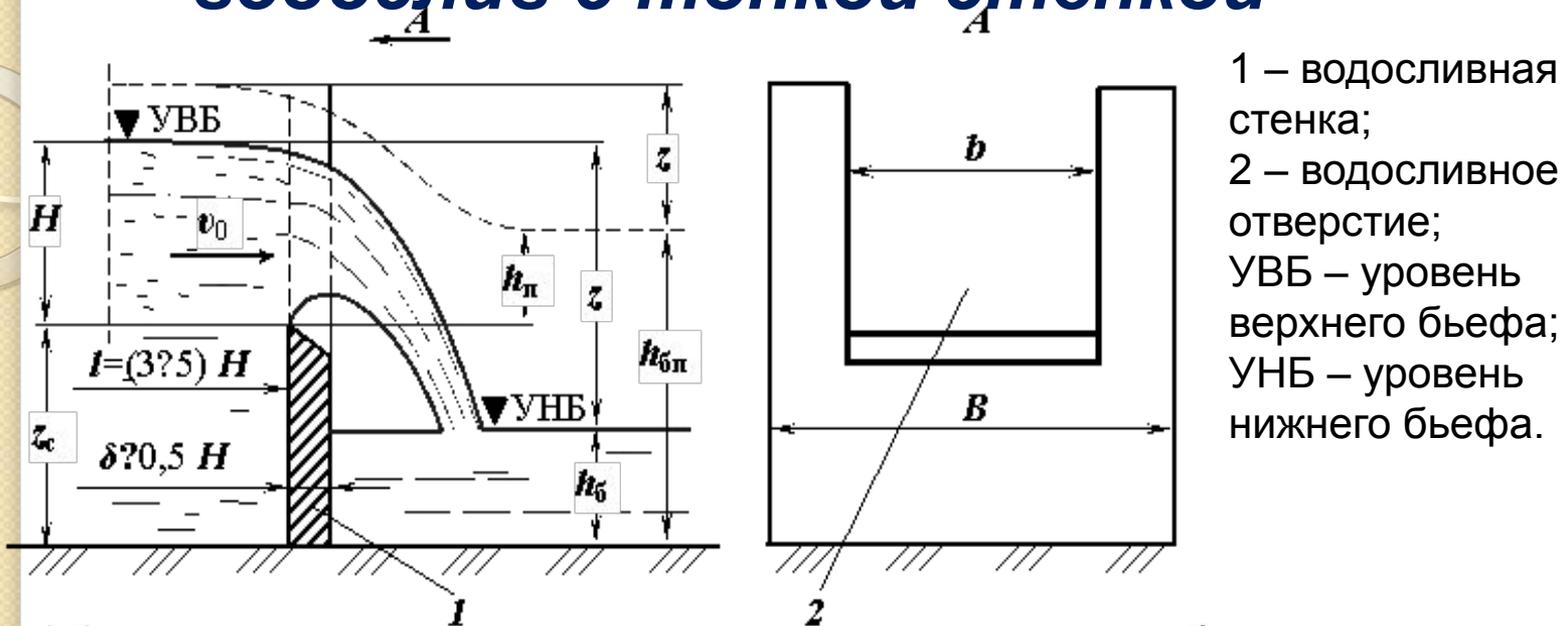
*- с непрямолинейным в плане гребнем:*

- а) полигональные или ломаные;
- б) криволинейные;
- в) замкнутые (кольцевые)

*В зависимости от толщины поперечного сечения стенки различают:*

- водосливы с тонкой стенкой -  $(0,1-0,5)H$ ;
- водосливы с широким порогом –  $(2H-8H)$ ;
- водосливы со стенкой практического профиля.

# Схема истечения воды через водослив с тонкой стенкой

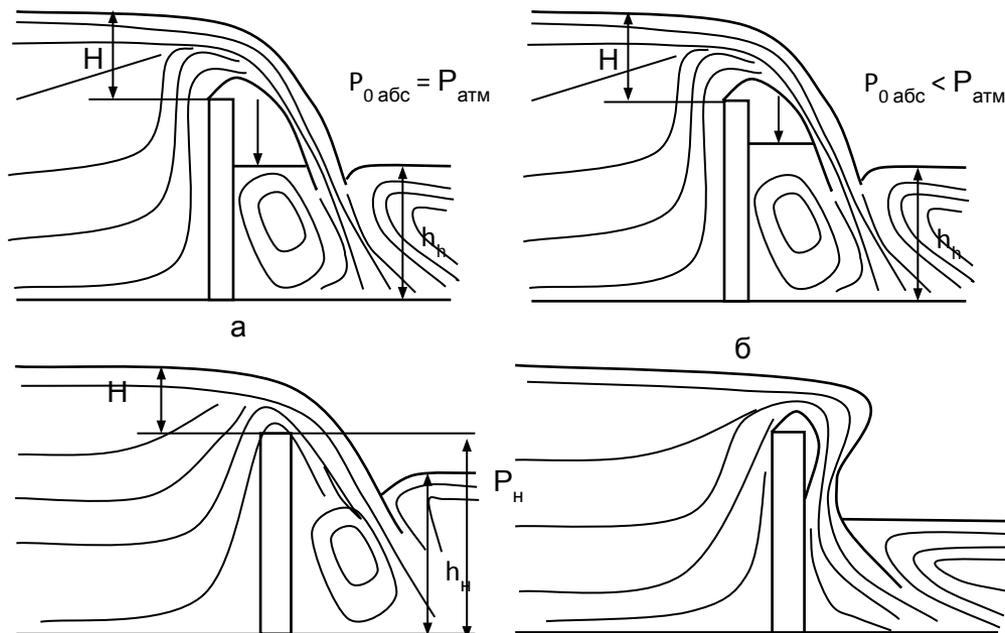


1 – водосливная стенка;  
 2 – водосливное отверстие;  
 УВБ – уровень верхнего бьефа;  
 УНБ – уровень нижнего бьефа.

- ✓ Область потока перед водосливом называется **верхним бьефом**, а за ним - **нижним бьефом**.
- ✓ Верхняя кромка водослива называется **гребнем**.
- ✓ Превышение уровня воды в верхнем бьефе над гребнем - **геометрическим напором  $H$** . Он обычно фиксируется перед водосливом на расстоянии приблизительно  $(3-5)H$  от гребня.
- ✓ Глубина воды в нижнем бьефе называется **бытовой глубиной  $h_б$** .

**Водослив с тонкой стенкой** обычно служит для измерения расходов и стабилизации уровня жидкости в резервуарах. Стенка называется **тонкой**, если толщина стенки  $\delta < 0,5H$  или стенка имеет острую входную кромку. При этом струя касается только её входной кромки.

# Типы струи при истечении воды через водослив с тонкой стенкой



**а – свободная,  
б – отжатая,  
в – подтопленная снизу,  
г – прижатая**

**Свободной струей** называют такую, при которой воздух свободно поступает со всех сторон, в результате чего давление под струей равно атмосферному.

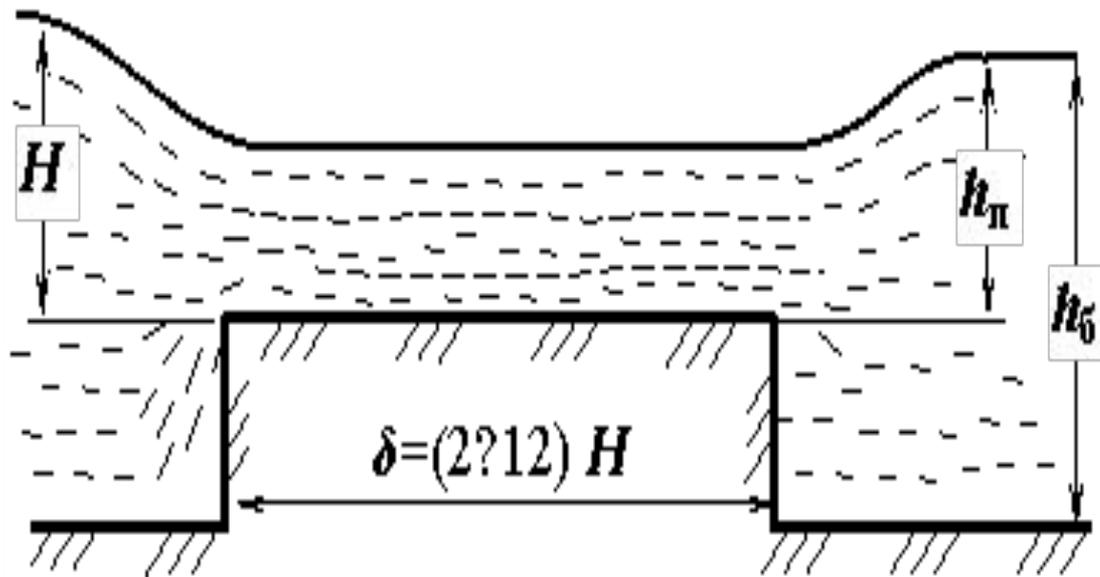
Если прекратить доступ воздуха под струю, то имеющийся там воздух постепенно отсасывается струей и под ней образуется вакуум. В результате струя отжимается к стенке водослива, а уровень воды под ней повышается. Такая струя называется **отжатой**.

Если все пространство под струей заполняется водой, она становится **подтопленной снизу**.

**Прилипшая струя** образуется из отжатой или подтопленной снизу, когда она полностью прижимается к стенке водослива. Прилипшая струя очень неустойчива.

Если изменение уровня воды в нижнем бьефе не влияет на величину напора  $H$ , водослив называется свободным (неподтопленным).

При увеличении  $h_б$  до  $h_{бп}$  происходит подтопление водослива. При этом повышается уровень в верхнем бьефе, свободная поверхность занимает положение, показанное пунктиром. Такой водослив называют подтопленным. Превышение уровня в нижнем бьефе над гребнем водослива называется глубиной подтопления -  $h_п$ .

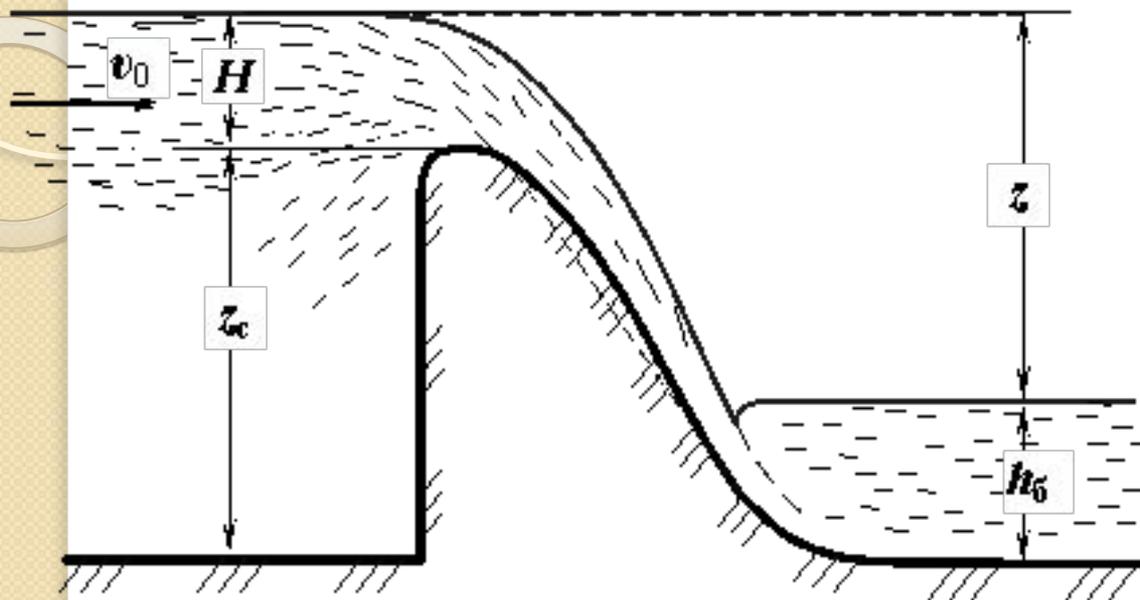


Водосливом с широким порогом называют

водослив, у которого толщина стенки (длина горизонтального порога)  $\delta > 2H$ .

Такие водосливы наиболее часто применяют в гидротехнической практике для водозаборных и водосбросных сооружений.

# Водослив практического профиля



## Водосливы практического профиля

имеют толщину стенки обычно в пределах  $\delta = (0,5-2)H$ .

Водосливы практического профиля применяются как водопропускные сооружения при малых расходах воды и как гасители энергии, служат водосливными плотинами в гидроузлах.

Такие водосливы имеют различные очертания. В зависимости от очертания они могут быть вакуумными и безвакуумными. **Безвакуумные** водосливы имеют вертикальную (верховую) напорную грань, а сливная (низовая) грань очерчена по форме нижней поверхности струи, переливающейся через неподтопленный водослив с тонкой стенкой.

## Гидравлический расчет водослива

Расход воды  $Q$  через неподтопленные водосливы любого типа определяется по общей формуле:

$$Q = \sigma_{\pi} m b \sqrt{2g} H_0^{\frac{3}{2}}$$

где  $b$  - ширина водослива;

$m$  - коэффициент расхода, зависящий от типа и геометрии водослива, от степени бокового сжатия, от режима работы;

$H_0$  - полный напор на водосливе, определяемый с учетом скорости подхода потока

$$H_0 = H + \frac{\alpha v^2}{2g}$$

$\alpha$  - коэффициент Кориолиса (корректив кинетической энергии);

$V$  - скорость потока в верхнем бьефе

$$V = Q / (b(H + z_c)).$$

При  $H < 0,5z_c$  скоростным напором можно пренебречь и считать  $H_0 = H$ .

В случае подтопленных водосливов в формулу расхода вводится коэффициент подтопления  $\sigma_{\pi} < 1$ , который вычисляется по эмпирическим формулам.

И расход определяется формулой

$$Q = m b \sqrt{2g} H_0^{\frac{3}{2}}$$

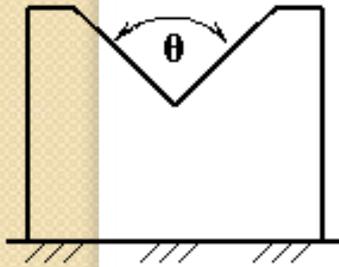
**Прямоугольные водосливы** с тонкой стенкой широко применяются в лабораторной практике, в полевых условиях при измерении расхода на малых водотоках.

Для незатопленного прямоугольного водослива с подводящим руслом прямоугольной формы при  $B > b$ ,  $z_c > 0,5$  м и  $H > 0,1$  м коэффициент расхода водослива можно определять по зависимости, рекомендованной Р. Р. Чугаевым:

$$m = 0,402 + \frac{0,054 \cdot H}{z_c}$$

Значение коэффициента  $m$  для прямоугольного водослива без бокового сжатия колеблется в пределах 0,4-0,5.

Для малых водотоков при определении расхода также достаточно часто используют **треугольные водосливы**, представляющие собой щит с треугольным отверстием, устанавливаемый в русле. При свободном доступе воздуха под струей имеются следующие эмпирические формулы для определения расхода:



1. угол  $\theta$  равен  $90^\circ$

$$Q = 1,4 H^{\frac{5}{2}}$$

2. при значениях  $22^\circ < \theta < 118^\circ$

$$Q = 1,3319 \left( \tan \frac{\theta}{2} \right)^{0,996} H^{2,47}$$

Эмпирические формулы существуют для водосливов различных форм и приводятся в гидравлических справочниках.



Водомерный лоток этого типа состоит из следующих основных частей:

*подводящего раструба,*

*горловины,*

*отводящего раструба.*

Лоток устанавливают на канале прямоугольного сечения шириной не менее 40 см.

Расход сточных вод при свободном истечении определяют по формуле:

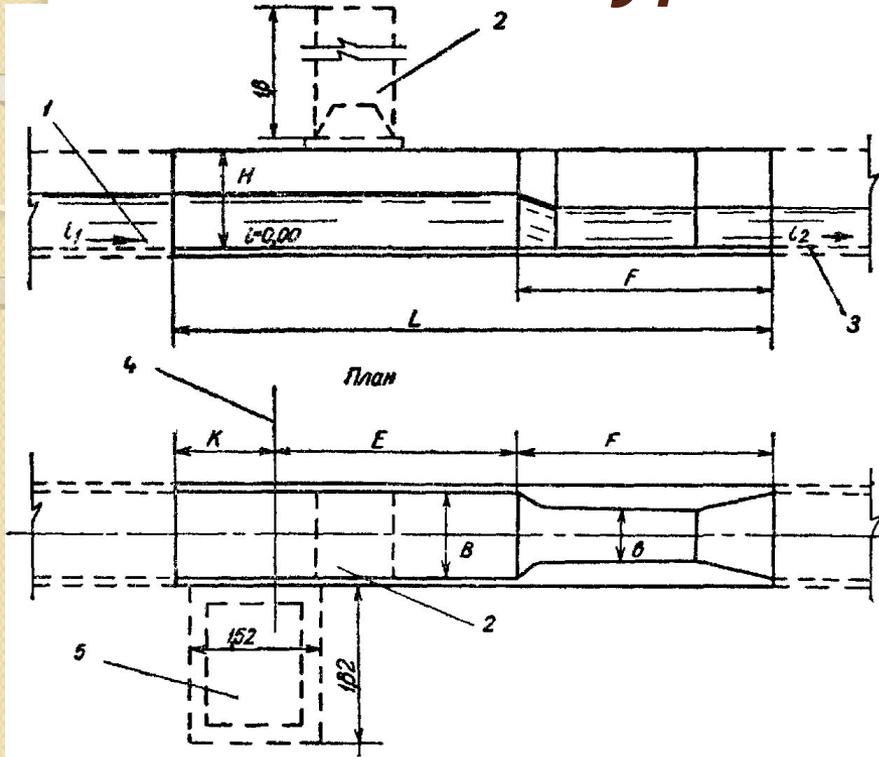
$$Q = MN^n$$

где:  $N$  – глубина воды перед лотком в сечении II-II, находящемся на расстоянии  $2/3l$  от горловины, м.

Значения коэффициента  $M$  и показателя степени зависят от ширины горловины лотка.

<b>b, м</b>	<b>0,15</b>	<b>0,3</b>	<b>0,5</b>	<b>0,75</b>	<b>1,0</b>	<b>1,25</b>	<b>1,5</b>	<b>4,5</b>
<b>M</b>	0,384	0,71	1,182	1,773	2,365	2,958	3,548	10,95
<b>n</b>	1,58	1,522	1,54	1,558	1,572	1,557	1,585	1,6

# Лоток Вентури для измерения расхода



- 1 - подводящий лоток;
- 2 - установка дифманометра в шкафу (вариант I);
- 3 - отводящий лоток;
- 4 - контрольное сечение лотка;
- 5 - установка дифманометра в колодце (вариант II)

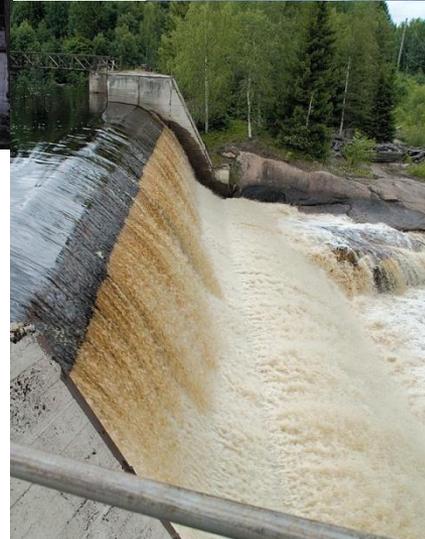
Лотки Вентури состоят из четырех основных частей: входной части, сужающей части, горловины и выходного диффузора. В поперечном сечении эти части могут иметь прямоугольную, трапецеидальную и U-образную формы.

Основное уравнение расхода, м<sup>3</sup>/ч, измеряемого при помощи лотков Вентури, имеет вид:

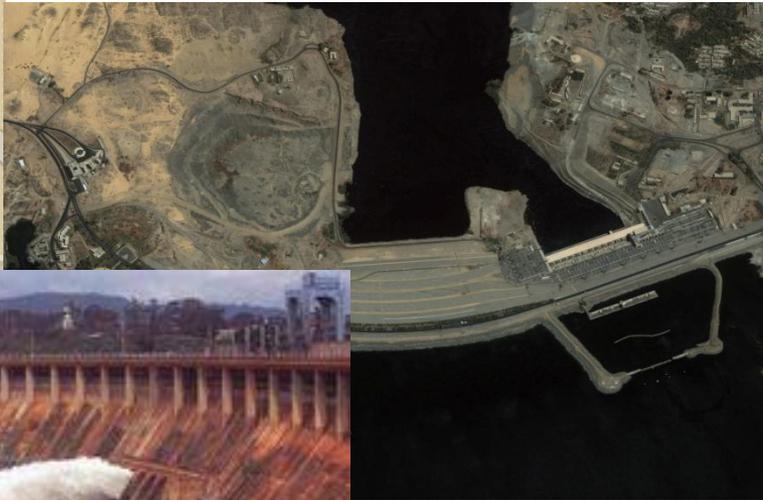
$$Q = 0,1941 \cdot C_e C_o b H^{3/2}$$

где  $b$  — ширина горловины лотка, м;  
 $H$  — напор в контрольном створе, м;  
 $C_e$  — коэффициент расхода (0,927—0,988);  
 $C_o$  — коэффициент, учитывающий влияние скорости в подводящем канале (1,002—1,147).

# *Сферы применения водосливов*



## Асуанская плотина (Египет)



Асуанская плотина контролирует ежегодный разлив Нила, и за счет ее появления Египет смог оптимизировать земледелие и сделать его более эффективным. До появления плотины Нил разливался непредсказуемо – а от его разлива зависел урожай всего Египта. Ежегодные разливы уносили жизни людей – и в конце концов было принято решение: Асуанская плотина необходима.

## Плотина Гувера (США)



Всемирно-известная плотина Гувера, являющаяся национальным историческим памятником. Она была построена в 1936 году и названа в честь тридцать первого президента США Герберта Кларка Гувера (1874-1964), который сыграл большую роль в разрешении 25-летнего спора между соседними штатами о распределении воды. Плотина является самой высокой бетонной плотинной в Западном полушарии, на строительство которой ушло такое количество залитого бетона, что хватило бы на строительство дороги протяженностью около 5000 километров. На строительство плотины Гувера тогда было потрачено 49 миллионов долларов.



## Саяно-Шушенская ГЭС

