

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;

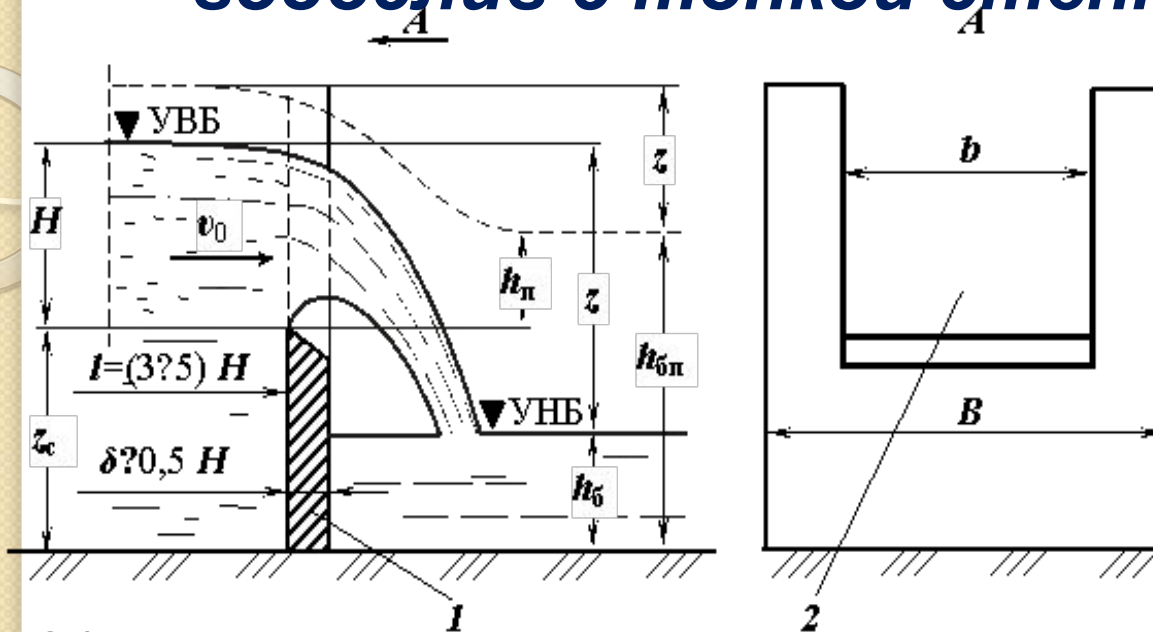
- с непрямолинейным в плане гребнем:

- 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

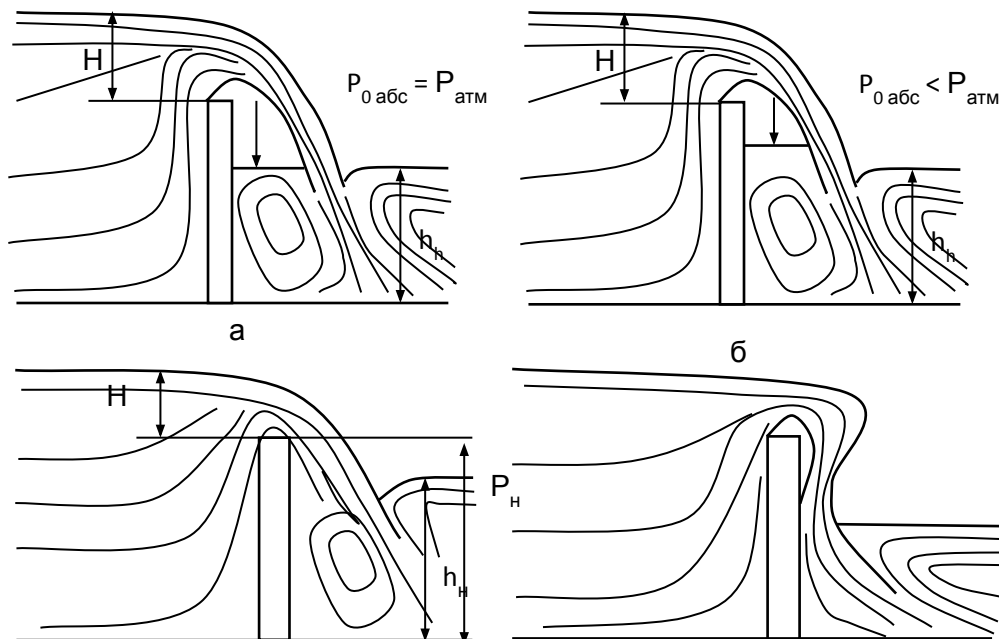


1 – водосливная стенка;
 2 – водосливное отверстие;
 УВБ – уровень верхнего бьефа;
 УНБ – уровень нижнего бьефа.

- ✓ 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_b** .

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.

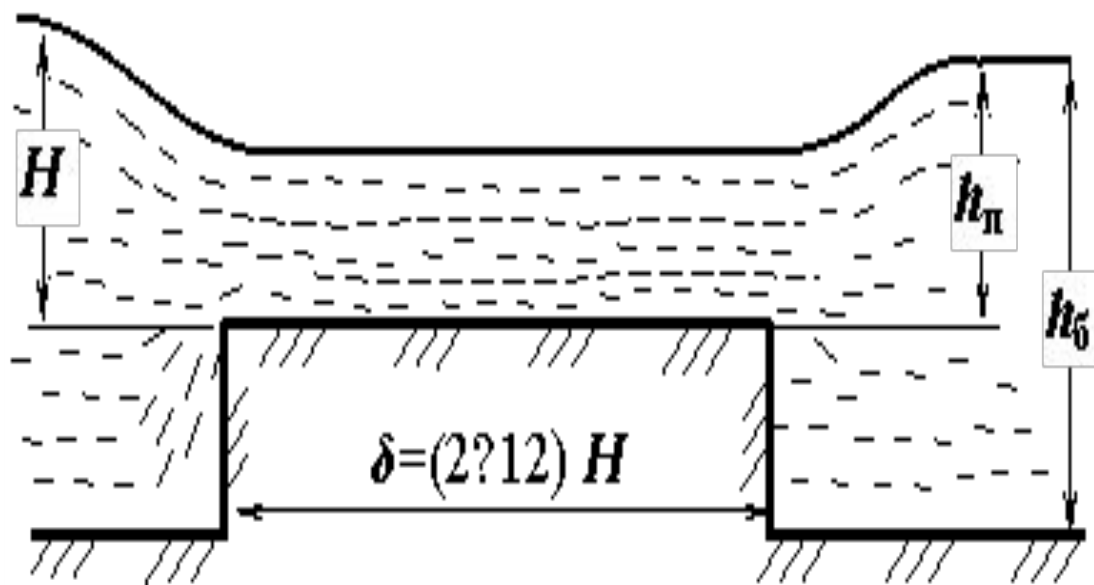
Если прекратить доступ воздуха под струю, то имеющийся там воздух постепенно отсасывается струей и под ней образуется вакуум. В результате струя отжимается к стенке водослива, а уровень воды под ней повышается. Такая струя называется **отжатой**.

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 - $h_п$.

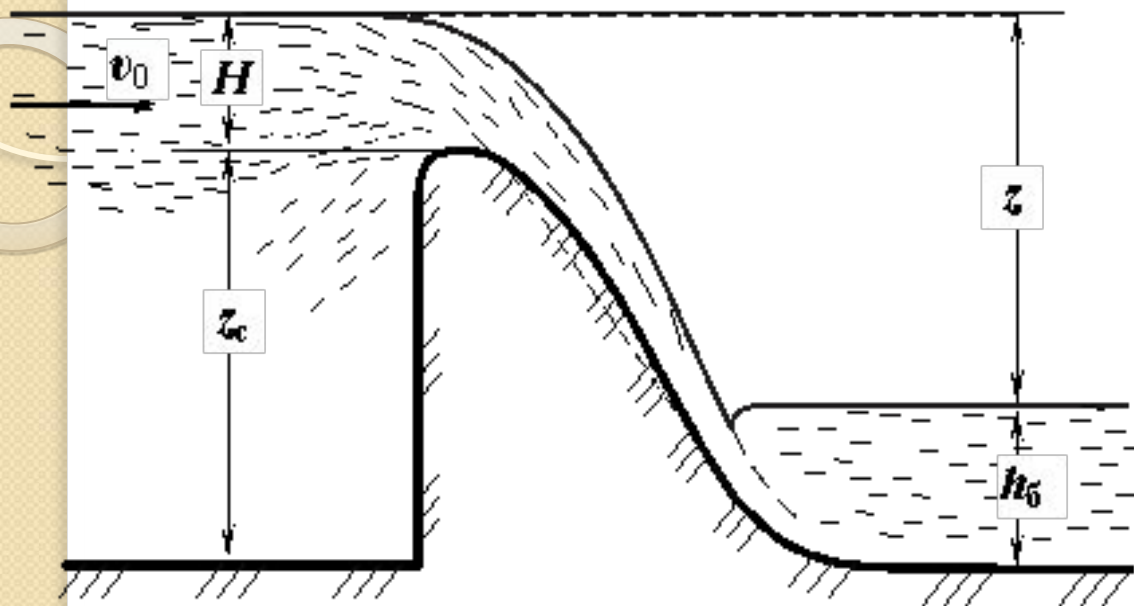


Водосливом с широким порогом называют

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

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

α - 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

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

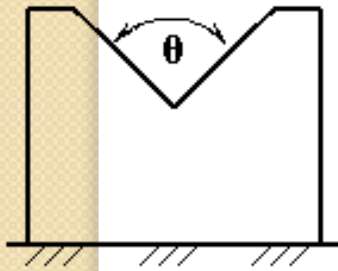
Прямоугольные водосливы с тонкой стенкой широко применяются в лабораторной практике, в полевых условиях при измерении расхода на малых водотоках.

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 θ равен 90°

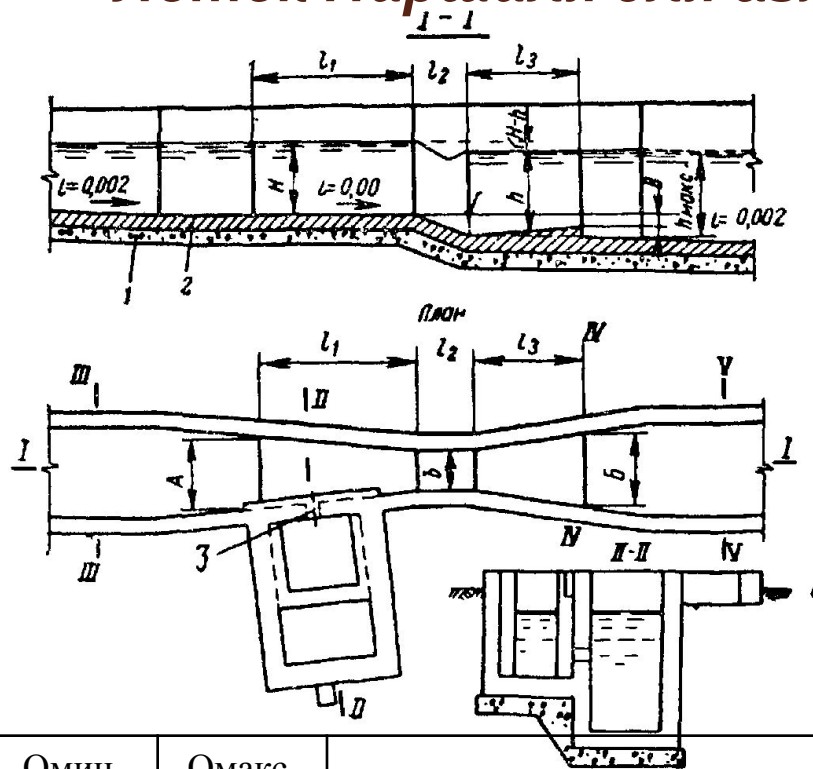
$$Q = 1,4 H^{\frac{5}{2}}$$

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

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

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

Лоток Паршаля для измерения расхода воды



Q _{мин} , л/сек	Q _{макс} , л/сек	Размеры, см							
		<i>b</i>	<i>l₁</i>	<i>l₂</i>	<i>l₃</i>	$2/3l_1$	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>B</i>
5	110	25	132,5	60	90	90	78	55	22,5
5	500	30	135	60	90	92,5	84	60	22,5
10	750	50	145	60	90	98,5	108	80	22,5
10	1150	75	157,5	60	90	107	138	105	22,5
20	1500	100	170	60	90	115,5	168	130	22,5
20	2000	125	182,5	60	90	124	198	155	22,5
30	3000	150	195	60	90	132	228	180	22,5

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:

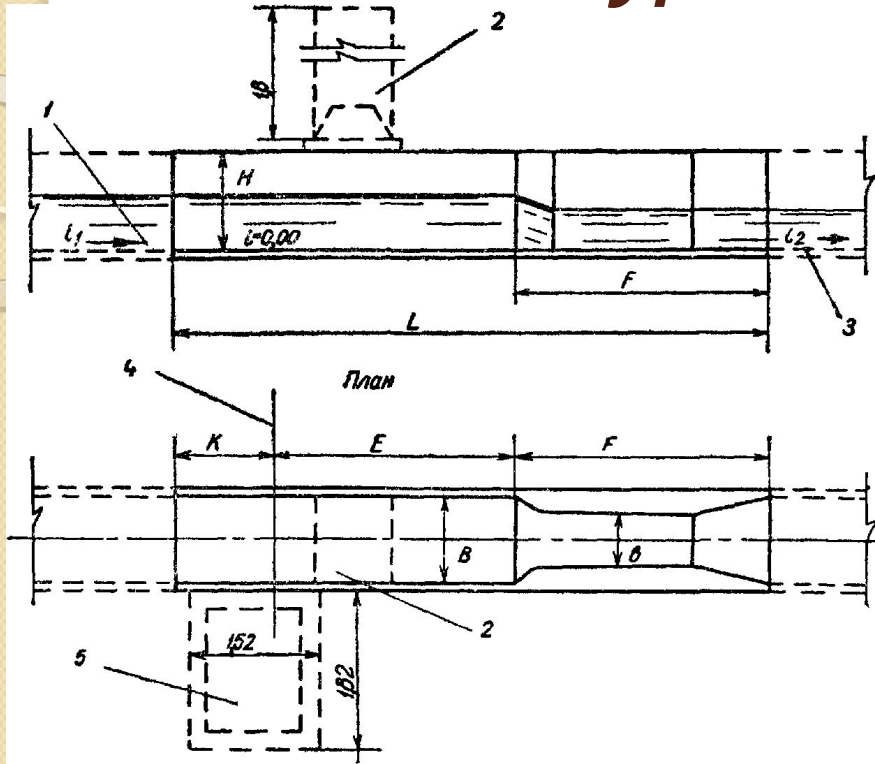
$$Q = MN^n$$

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, м	0,15	0,3	0,5	0,75	1,0	1,25	1,5	4,5
M	0,384	0,71	1,182	1,773	2,365	2,958	3,548	10,95
n	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, м³/ч, измеряемого при помощи лотков Вентури, имеет вид:

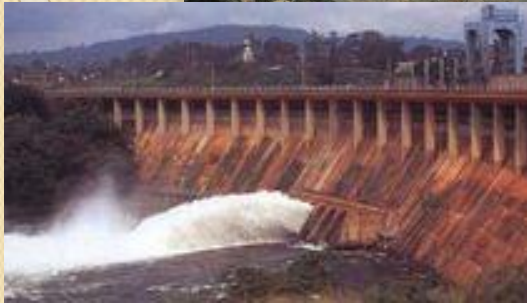
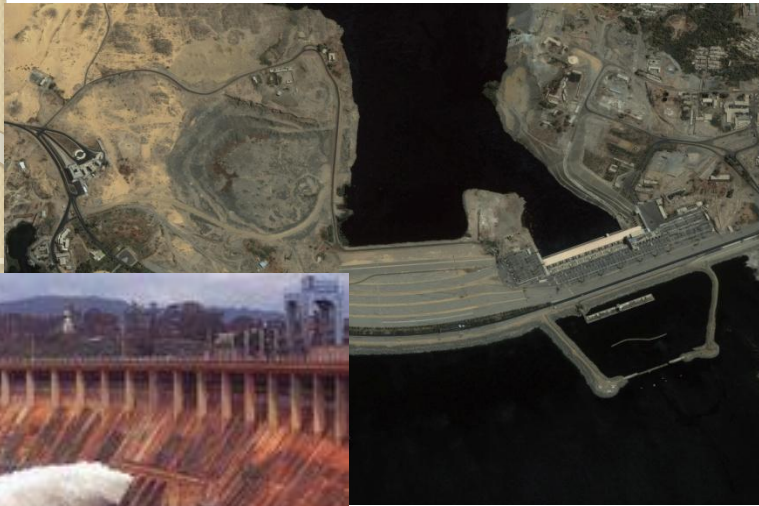
$$Q = 0,1941 \cdot C_e C_o b H^{3/2}$$

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)



Саяно-Шушенская ГЭС



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.