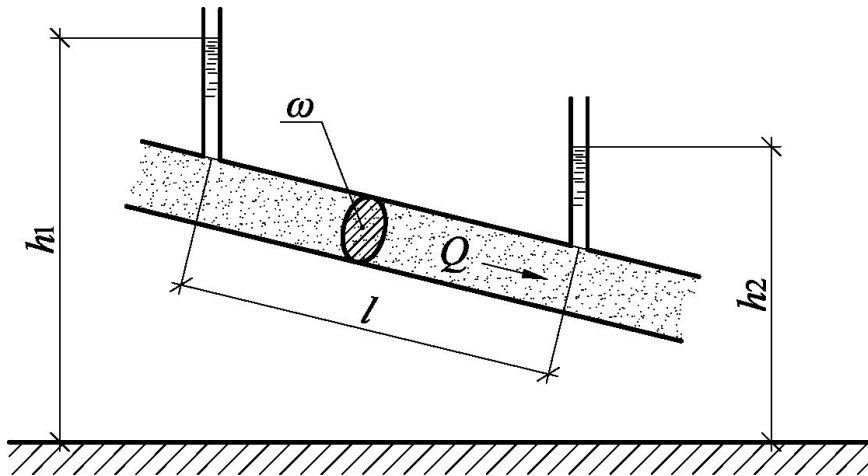


# Лекция 6

## ФИЛЬТРАЦИОННЫЙ РЕЖИМ БЕТОННЫХ ПЛОТИН

**Фильтрацией** называется движение жидкости в пористой или трещиноватой среде.

Закон А. Дарси – 1856 г.



$$v_{\phi} = k_{\phi} I$$

$$Q_{\phi} = k_{\phi} \omega \frac{h_1 - h_2}{l} = k_{\phi} \omega \frac{\Delta h}{l}$$

$k_{\phi}$  - табл. 2 СНиП 2.06.05-84\*

### Интересующие характеристики фильтрационного потока:

- Давление в различных точках области фильтрации;
- Скорости фильтрации в различных заданных точках области фильтрации;
- Полный фильтрационный расход или частичные расходы фильтрационного потока;
- Гидродинамическая сетка фильтрации или линии равных напоров.

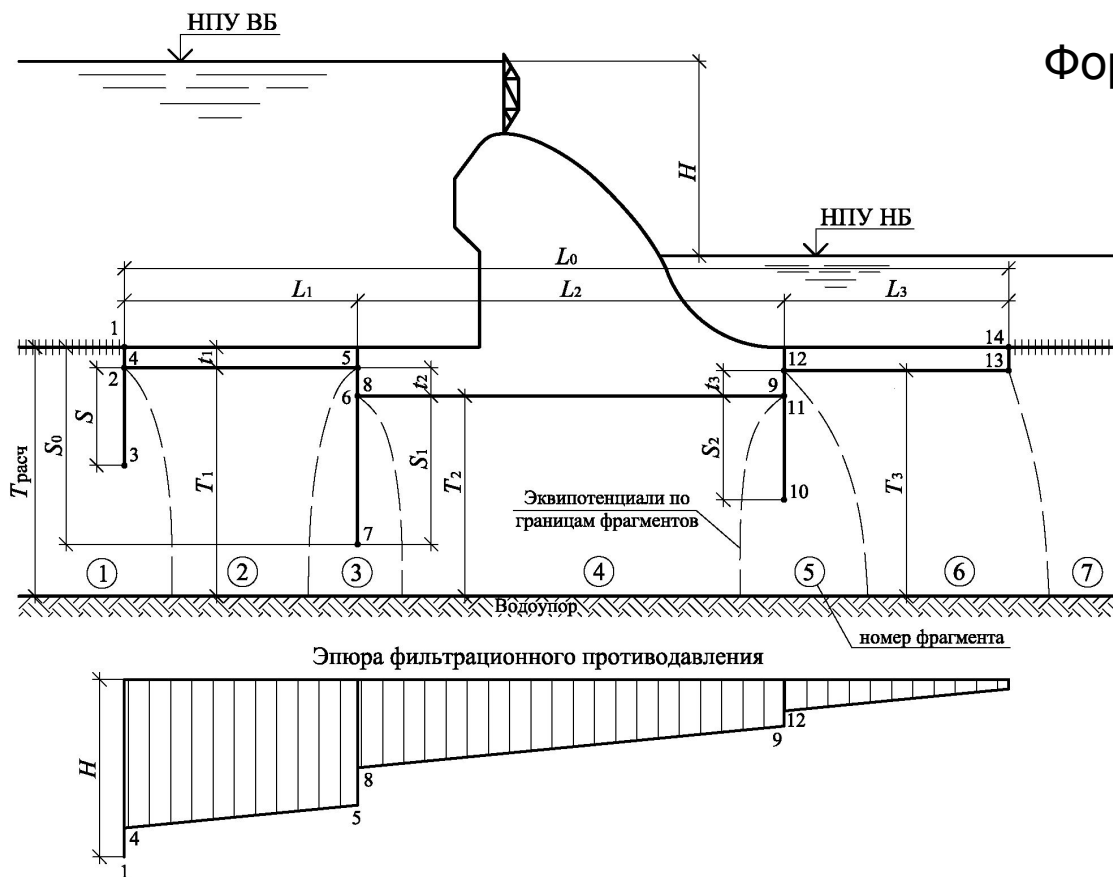
### Вопросы, решаемые на основе фильтрационных расчетов бетонных плотин:

- Проверка устойчивости в отношении размыва (суффозии) грунта в сооружении и его основания;
- Определение устойчивости бетонных плотин на плоский сдвиг;
- Определение размеров противофильтрационных устройств (экрана, понура, ядра, шпунтов и др.);
- Определение размеров дренажных устройств.

# Методы определения параметров фильтрационного потока

- Гидромеханические методы;
- Метод электрогидродинамических аналогий (ЭГДА);
- Приближенные методы (метод фрагментов, метод коэффициентов сопротивления Чугаева Р. Р., метод удлиненной контурной линии и др.);
- Численные методы – метод конечных элементов (МКЭ).

## Метод коэффициентов сопротивления Чугаева Р.Р.



Формула Павловского-Форхгеймера

$$\sum \Delta h_i = H = \frac{q_\phi}{k_\phi} \sum \zeta_i$$

$$\frac{\Delta h_i}{H} = \frac{\zeta_i}{\sum \zeta_i} \rightarrow \Delta h_i = H \frac{\zeta_i}{\sum \zeta_i}$$

# Метод фрагментов Чугаева Р.Р. (метод коэффициентов сопротивления)

**Активная зона фильтрации** соответствует такой фиктивной глубине залегания водоупора  $T_{\text{акт}}$ , при увеличении которой эпюра противодавления, значения выходного градиента и величина фильтрационного расхода не изменяются.

Определение фиктивной глубины залегания водоупора  $T_{\text{расч}}$

При определении  
фильтрационного  
противодавления

Если  $T_{\text{д}} < T'_{\text{акт}}$ , то  $T'_{\text{расч}} = T_{\text{д}}$ ;

Если  $T_{\text{д}} \geq T'_{\text{акт}}$ , то  $T'_{\text{расч}} = T'_{\text{акт}}$ .

При определении  
выходных градиентов  
напора

Если  $T_{\text{д}} < T''_{\text{акт}}$ , то  $T''_{\text{расч}} = T_{\text{д}}$ ;

Если  $T_{\text{д}} \geq T''_{\text{акт}}$ , то  $T''_{\text{расч}} = T''_{\text{акт}}$ .

При определении  
фильтрационного  
расхода

$T'''_{\text{расч}} = T_{\text{д}}$

Величины коэффициентов сопротивления для различных  
фрагментов

Для входных и выходных зон со  
шпунтом

1  $\zeta_{\text{вх}} = \zeta_{\text{вых}} = \zeta_{\text{шп}} + 0,44$

3  $\zeta_{\text{шп}} = \frac{t_i}{T_i} + 1,5 \frac{S_i}{T_{i+1}} + \frac{0,5 \frac{S_i}{T_{i+1}}}{1 - 0,75 \frac{S_i}{T_{i+1}}}$

2 при  $l_i \geq 0,5(S_i + S_{i+1})$  при  $l_i \leq 0,5(S_i + S_{i+1})$

4  $\zeta_{2i} = \frac{l_i - 0,5(S_i + S_{i+1})}{T_{i+1}}$

5  $\zeta_{\Gamma} = 0$

Для входных и выходных зон с  
уступом

7  $\zeta_{\text{вх}} = \zeta_{\text{вых}} = \zeta_{\text{уст}} + 0,44$

$\zeta_{\text{уст}} = \frac{t_i}{T_i}$

Для входных и выходных  
зон  
без уступа и шпунта

$\zeta_{\text{вх}} = \zeta_{\text{вых}} = 0,44$

Удельный  
фильтрационный расход

$$q_{\phi} = \frac{H}{\sum \zeta_i} k_{\phi}$$

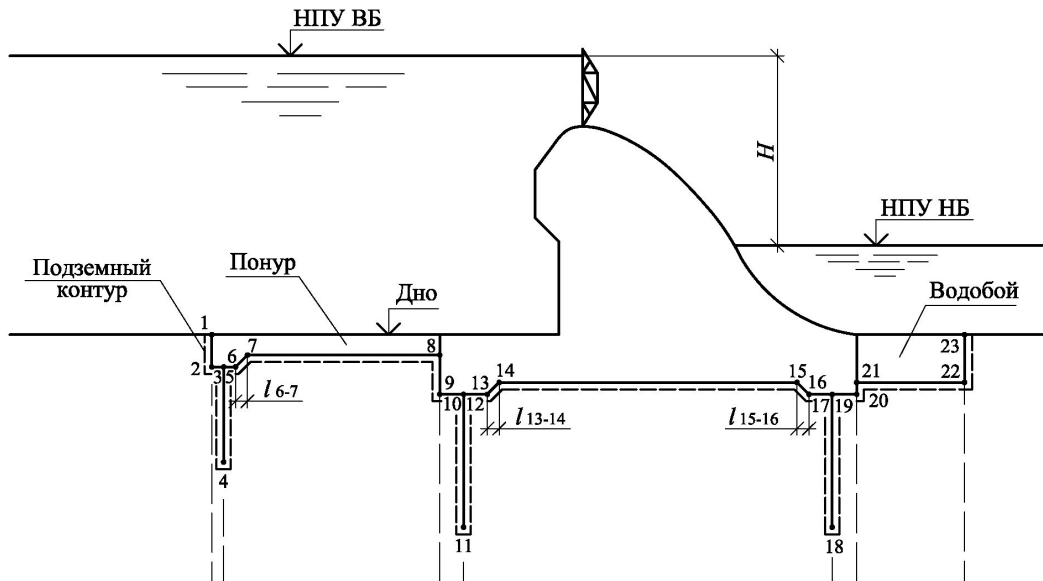
Максимальный выходной  
градиент напора

$$I_{\text{вых}} = \frac{H}{T_i} \cdot \frac{1}{\alpha \sum \zeta_i}$$

$$\alpha = \beta \sqrt{\sin \left[ \frac{\pi}{2} \left( \frac{S_i}{T_i} - \frac{T_{i+1}}{T_i} + 1 \right) \right]}$$

$\beta = 1,0 \dots 1,1$

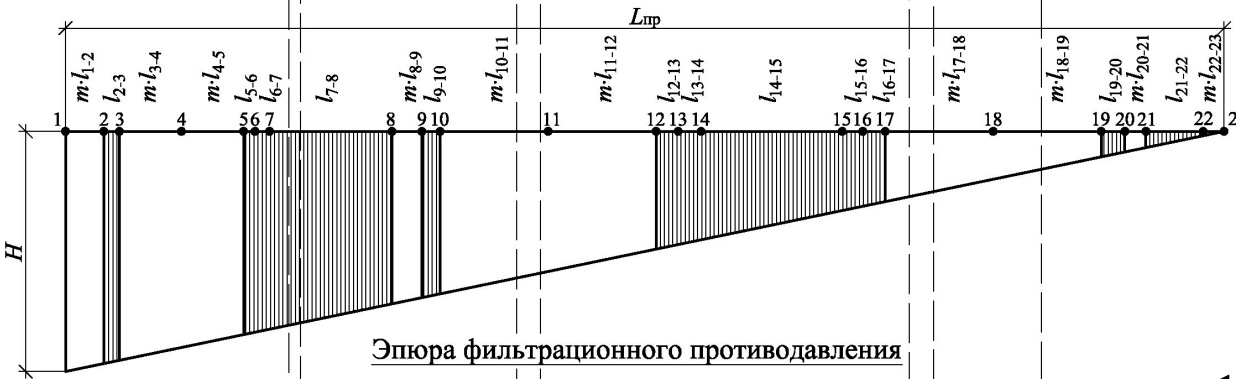
# ОЧЕНЬ приближенный способ удлиненной контурной линии В.Бляя



$$v_{\phi} = k_{\phi} \frac{H}{L_{\text{пр}}}$$

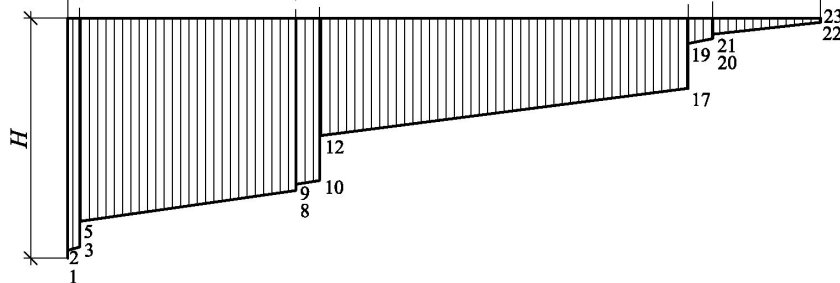
$$L_{\text{пр}} = \sum l_{\text{гор}} + m \sum l_{\text{верт}}$$

Эпюра фильтрационного противодействия на приведенном подземном контуре



$$\frac{\Delta h_{\text{верт}}}{\Delta h_{\text{гор}}} = m$$

Эпюра фильтрационного противодействия



$m = 1,5$  – для песчаных грунтов

$m = 2,5$  – для глинистых грунтов

# Построение эпюры фильтрационного противодействия для плотин на скальном основании

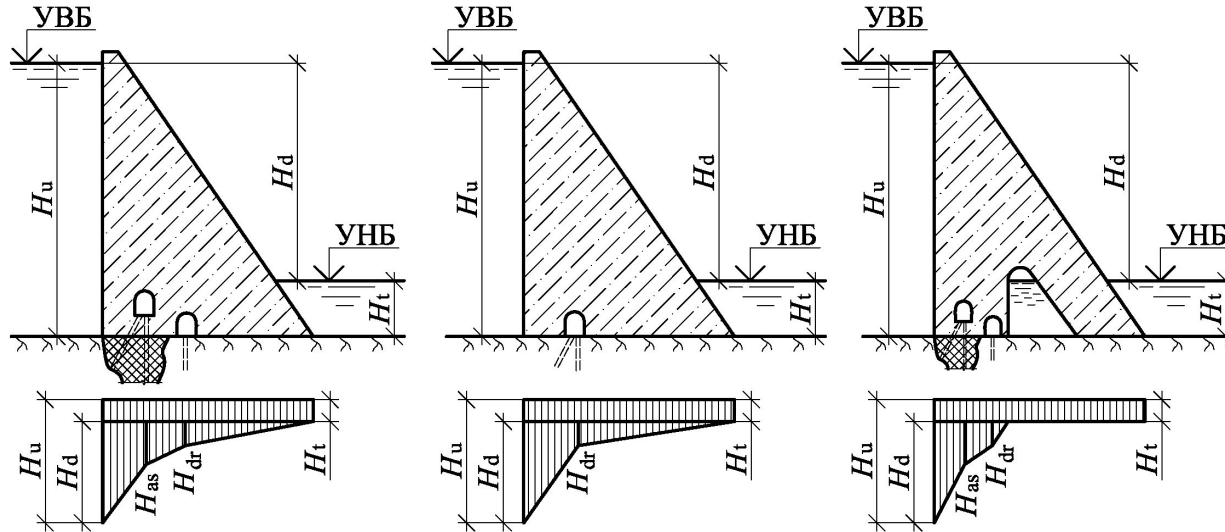


Таблица 5 СНиП 2.06.06-85 Плотины бетонные и железобетонные

Виды плотин	Значения $H_{as}/H_d$ и $H_{dr}/H_d$ при сочетании нагрузок на плотины					
	основные и особые при ФПУ и нормальной работе противофильтрационных и дренажных устройств			особые в случае нарушения нормальной работы противофильтрационных и дренажных устройств		
	плотины с цементационной завесой		плотины без цементационной завесы	плотины с цементационной завесой		плотины без цементационной завесы
	$H_{as}/H_d$	$H_{dr}/H_d$	$H_{dr}/H_d$	$H_{as}/H_d$	$H_{dr}/H_d$	$H_{dr}/H_d$
Гравитационные без полостей у основания классов:						
I	0,40	0,20	0,20	0,50	0,30	0,40
II	0,40	0,15	0,15	0,50	0,20	0,30
III и IV	0,30	0,05	0,05	0,35	0,10	0,10
Гравитационные с продольной полостью у основания (черт. 7, в) I - IV классов	0,30	0,10	0,10	0,35	0,15	0,20
Гравитационные с расширенными швами и массивно-контрфорсные I -IV классов	0,20	0,05	0,05	0,25	0,10	0,10
Арочные I-IV классов	0,40	0,20	0,20	0,60	0,35	0,40

Примечание. Для контрфорсных плотин с плоским или арочным перекрытием эпюра пьезометрического напора при фильтрации под действием расчетного напора  $H_d$  принимается по треугольнику с ординатой  $h_f = 0$  на низовой грани верхового клина плотины.