



РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

НЕФТИ и ГАЗА

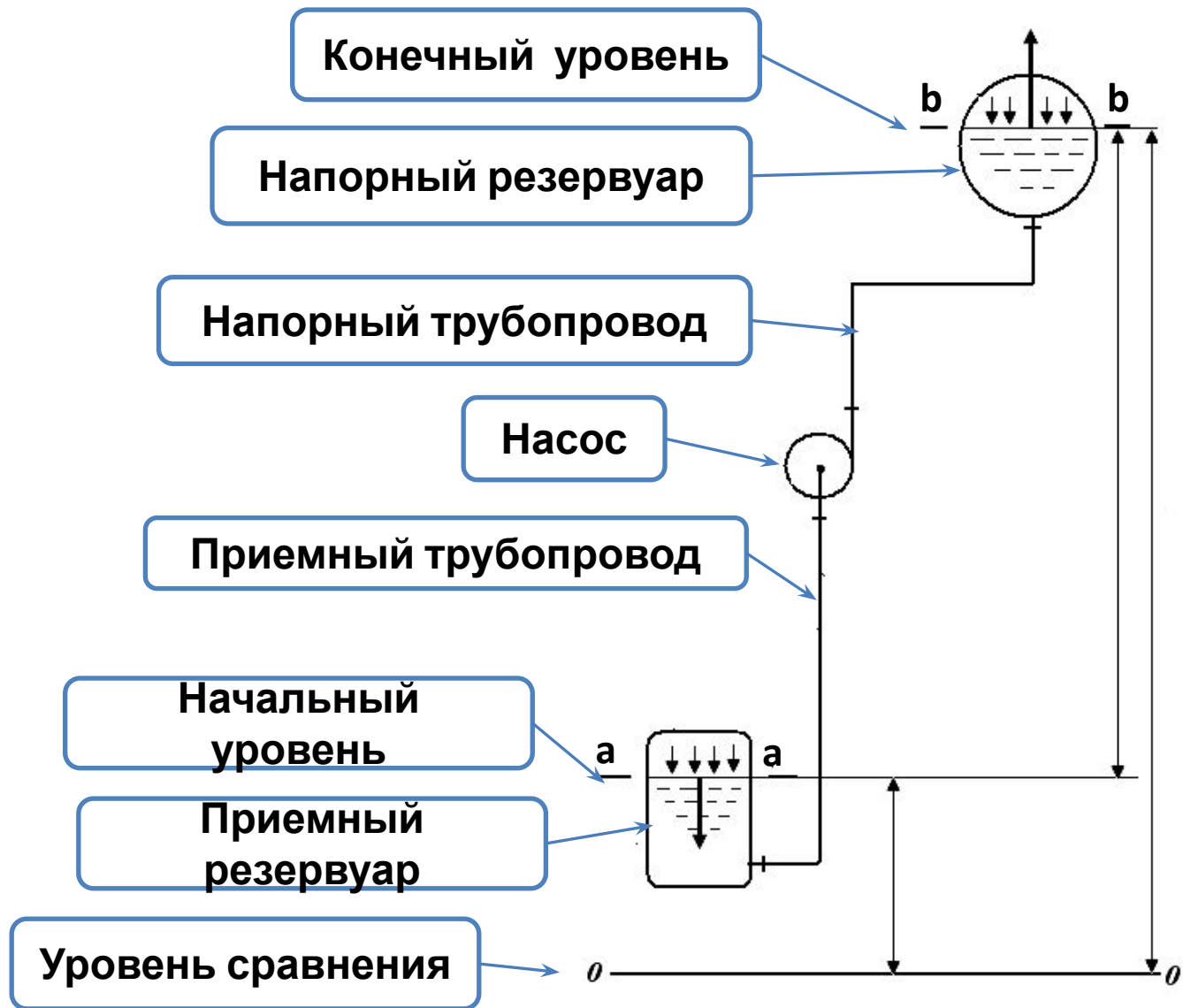
имени И. М. ГУБКИНА

Базовый ВУЗ нефтегазового комплекса России

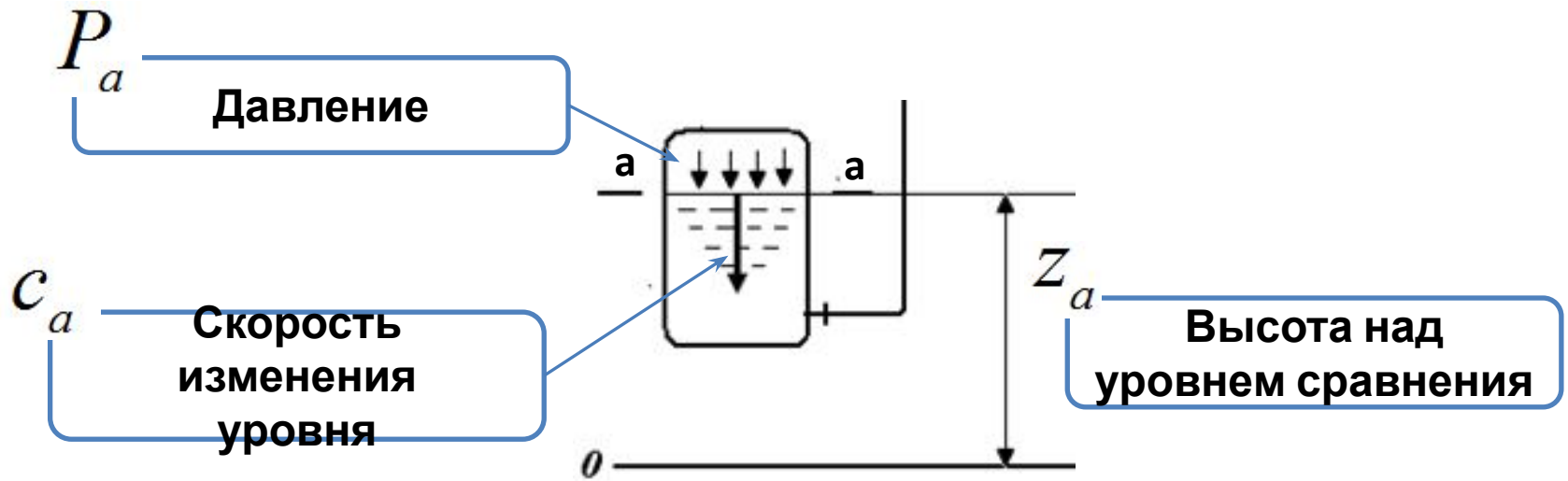
Факультет ПС и ЭСТТ
Кафедра П и ЭГНП

Основные закономерности перекачки нефти и нефтепродуктов по магистральному нефтепроводу

Упрощенная гидравлическая модель МН



Уравнение Бернулли для начального уровня



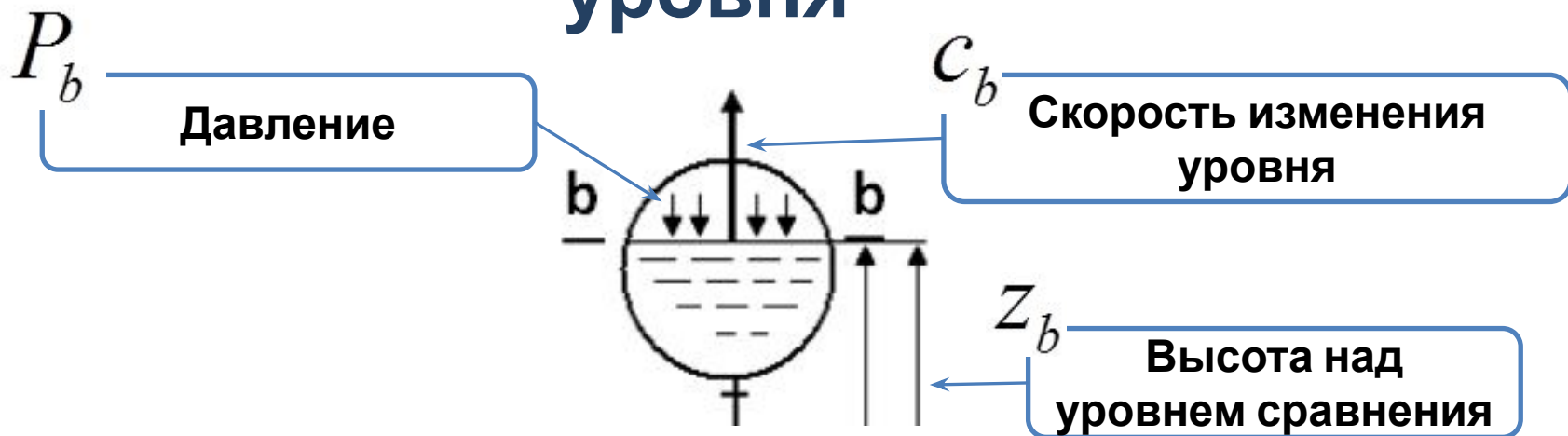
$$H_a = \frac{P_a}{\rho \cdot g} + Z_a + \frac{c_a^2}{2 \cdot g}$$

Пьезометрически
й

Геометрически
й

Скоростно
й

Уравнение Бернулли для конечного уровня



$$H_b = \frac{P_b}{\rho \cdot g} + z_b + \frac{C_b^2}{2 \cdot g}$$

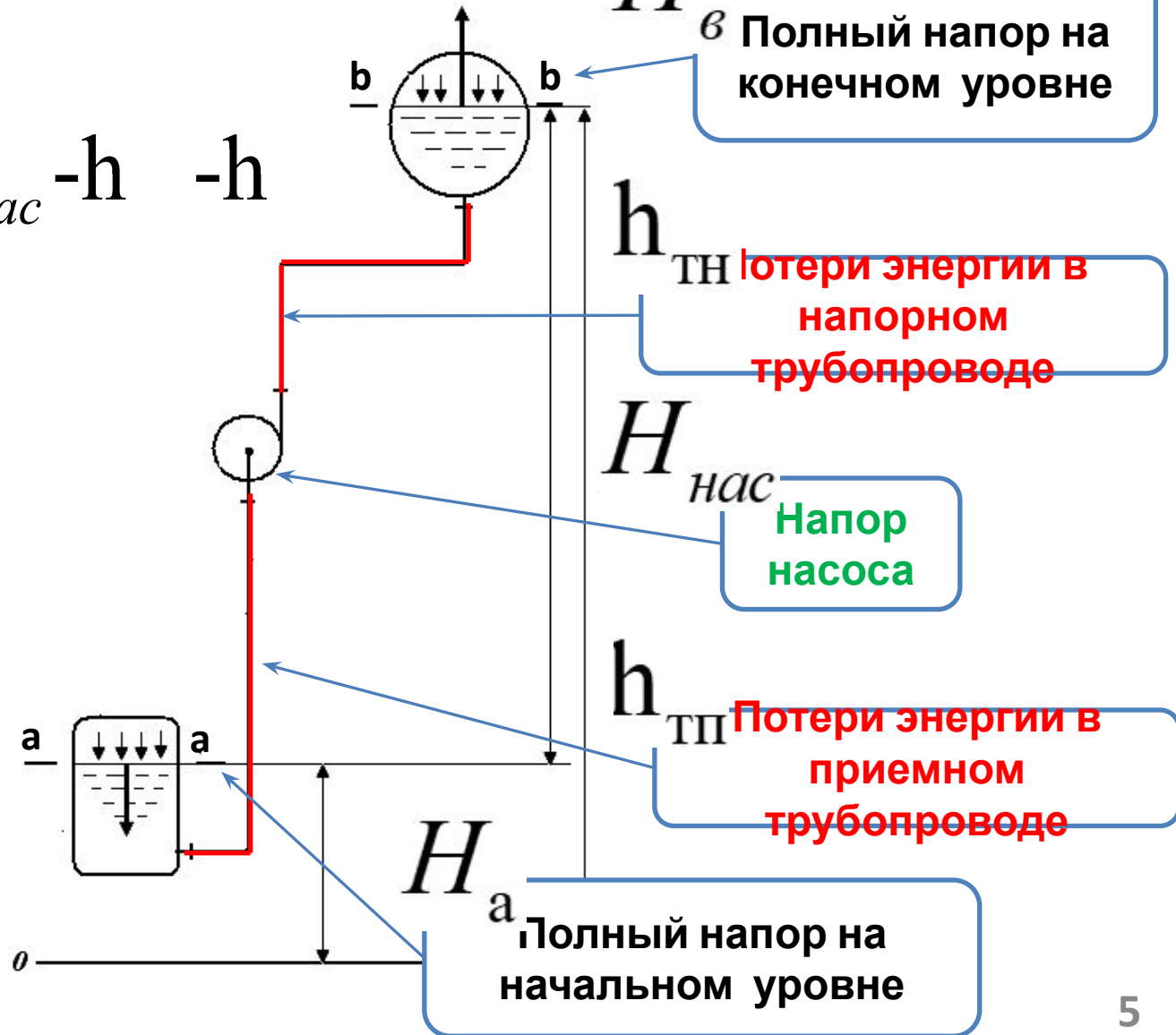
Пьезометрически
й

Геометрически
й

Скоростно
й

Энергетический баланс гидравлической моде

$$H_{\text{в}} = H_{\text{ап}} + H_{\text{ТНнас}} - h - h$$



Удельная работа гидравлической модели МН

Удельная работа гидравлической модели МН - количество энергии, которое необходимо сообщить каждому килограмму жидкости для её перемещения из начального сечения системы в конечное сечение.

Насос – единственный источник энергии в системе.

Удельная работа системы тождественна удельной работе насоса

Удельная работа (напор) насоса

$$H_v = H_{\text{ап}} + H_{\text{нас}} - h + h$$

$$\begin{aligned} H_{\text{нас}} &= H_a - H_b + h_{\text{ТП}} + h_{\text{ТН}} = \\ &= \frac{P_a - P_b}{\rho \cdot g} + z_a - z_b + \frac{c_a^2 - c_b^2}{2 \cdot g} + h_{\text{ТП}} + h_{\text{ТН}} \end{aligned}$$

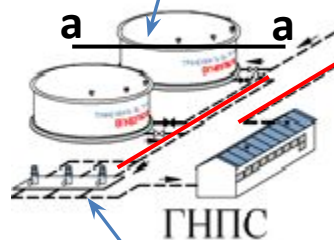
Удельная работа (напор) насоса затрачивается на преодоление разности давлений в приемном и напорном резервуарах, разности высотных отметок начального и конечного уровней, разницы скоростных напоров начальном и конечном уровнях и преодоление сил трения в приемном и напорном трубопроводах

МН как гидравлическая система

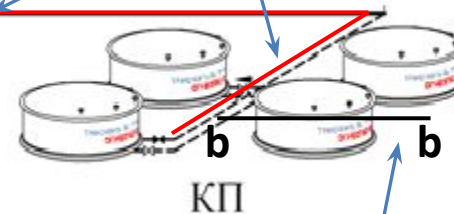
$$H_{нас} = \frac{P_a - P_b}{\rho \cdot g} + z_a - z_b + \frac{c_a^2 - c_b^2}{2 \cdot g} + h_{ТП} + h_{ТН}$$

Начальный уровень –
уровень взлива в резервуаре
откачки

Потери в напорном трубопроводе –
потери в ЛЧ и технологических
трубопроводах КП



Потери напора
в приемном
трубо-проводе
– потери в
технологичес-
ких
трубопрово-
дах станции



Конечный уровень –
уровень взлива в
резервуаре закачки

Источник энергии – напор работающих
магистральных и подпорных насосов
(дифференциальный напор)

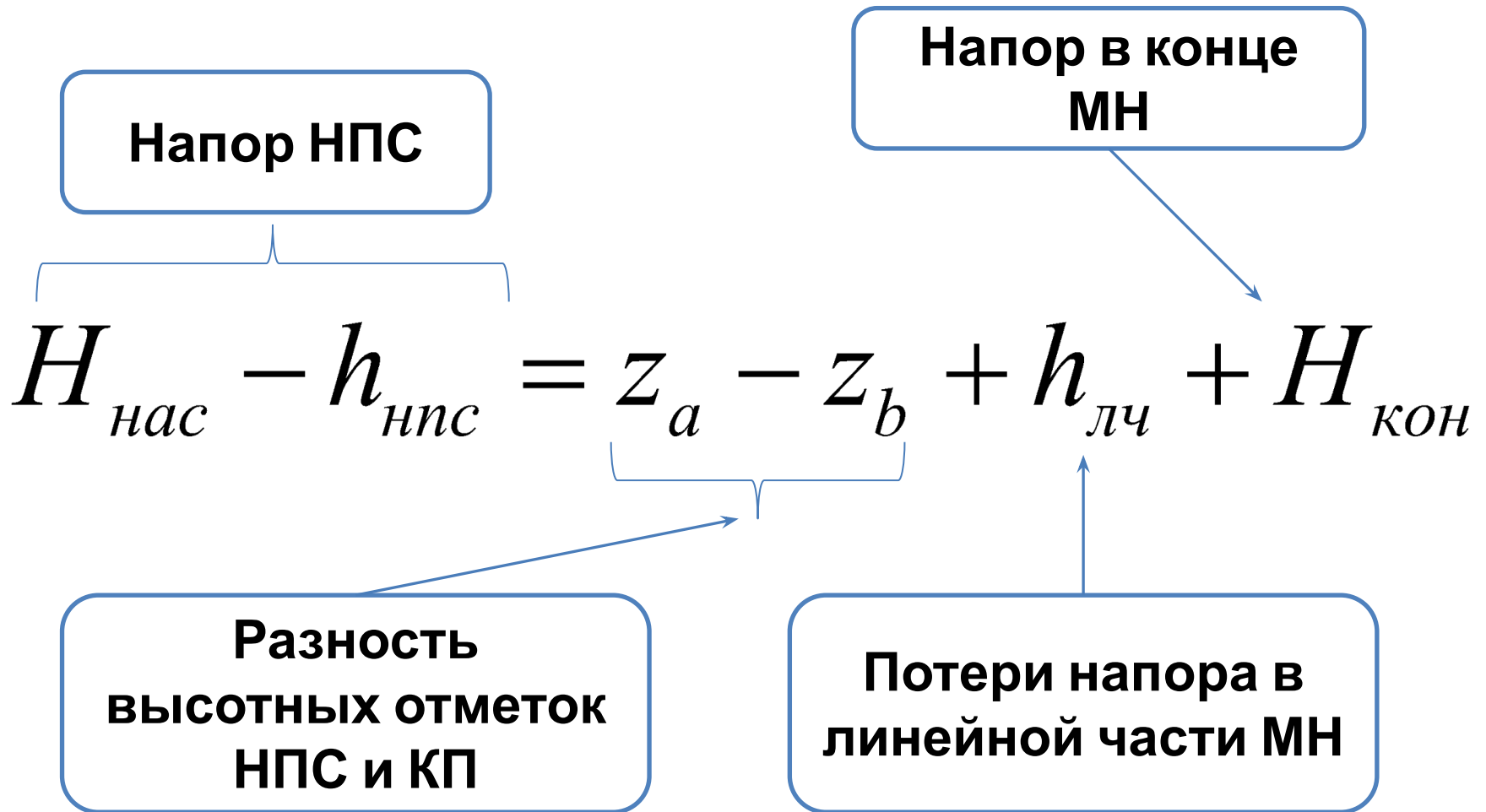
МН как гидравлическая система

Вакуум в резервуаре откачки и избыточное давление в резервуаре закачки ограничены технологическими требованиями => их разностью можно пренебречь

$$H_{нас} = \frac{P_a - P_b}{\rho \cdot g} + z_a - z_b + \frac{c_a^2 - c_b^2}{2 \cdot g} + h_{нас} + h_{ТН}$$

Скорость откачки и скорость закачки ограничены технологическими требованиями => их разностью можно пренебречь

МН как гидравлическая система

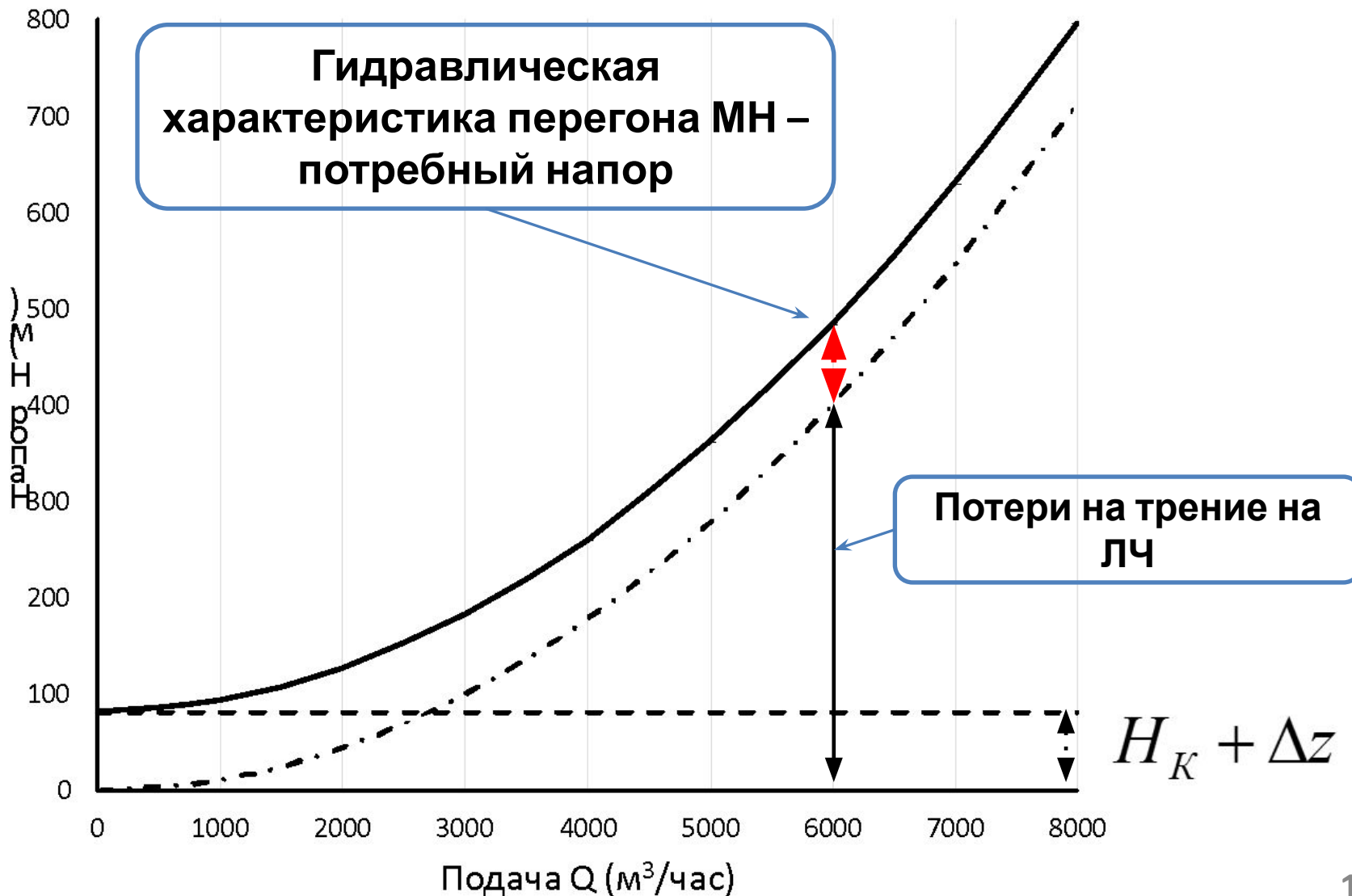


Напор НПС

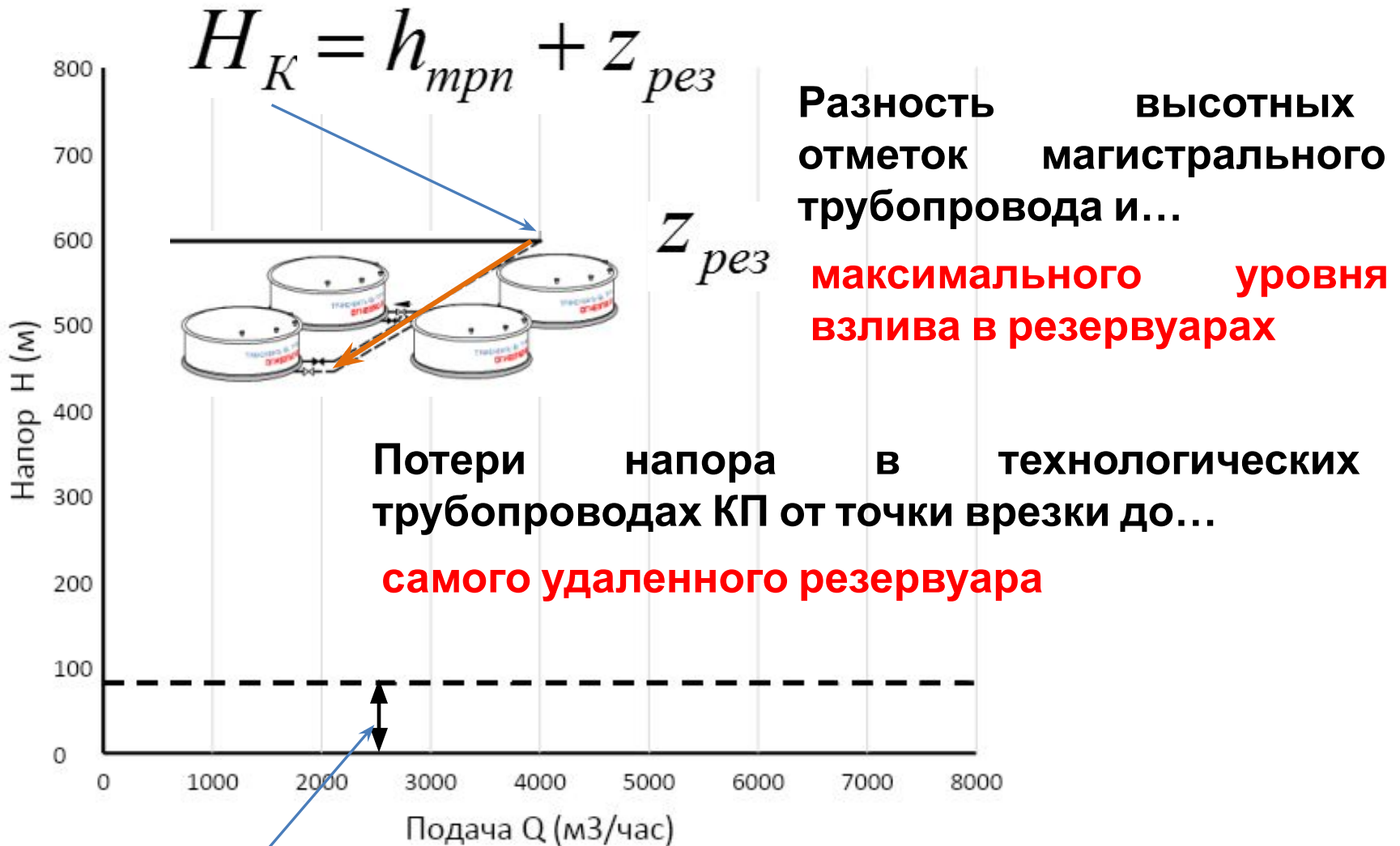
Напор НПС равен суммарному дифференциальному напору работающих подпорных и магистральных насосов (с учетом схемы их соединения), уменьшенному на величину потерь напора в технологических трубопроводах станции.

Напор НПС расходуется на преодоление разницы высотных отметок станции и конечного пункта, потерь напора на трение в линейной части и создание напора в конце МН (в точке врезки технологических трубопроводов РП).

Гидравлическая характеристика перегона МН



Разница высотных отметок и напор в конце МН



$$H_K = h_{трп} + z_{рез}$$

Разность высотных отметок магистрального трубопровода и...
максимального уровня
взлива в резервуарах

Потери напора в технологических трубопроводах КП от точки врезки до...
самого удаленного резервуара

$$H_K + \Delta z$$

Принимаем постоянным с максимальной оценкой напора

Потери напора в ЛЧ МН

Потери на трение

Потери на местные сопротивления (изгибы, арматуру и т.п.)

$$h_{лч}(Q) = h_{тр}(Q) + h_{мс}(Q) =$$

$$= h_{тр}(Q) + \sum_{i=1}^n \xi_i \frac{w^2}{2 \cdot g} = 1,02 \cdot h_{тр}(Q)$$

Коэффициент
местного
сопротивления

Скорость движения
нефти по
трубопроводу

Потери напора на трение (по Л.С. Лейбензону)

Коэффициенты

Объемная производительность
трубопровода

$$h_{тр}(Q) = \beta \cdot \frac{v^m \cdot Q^{2-m}}{D^{5-m}} \cdot L$$

Внутренний диаметр
трубопровода

Расчетная длина
трубопровода

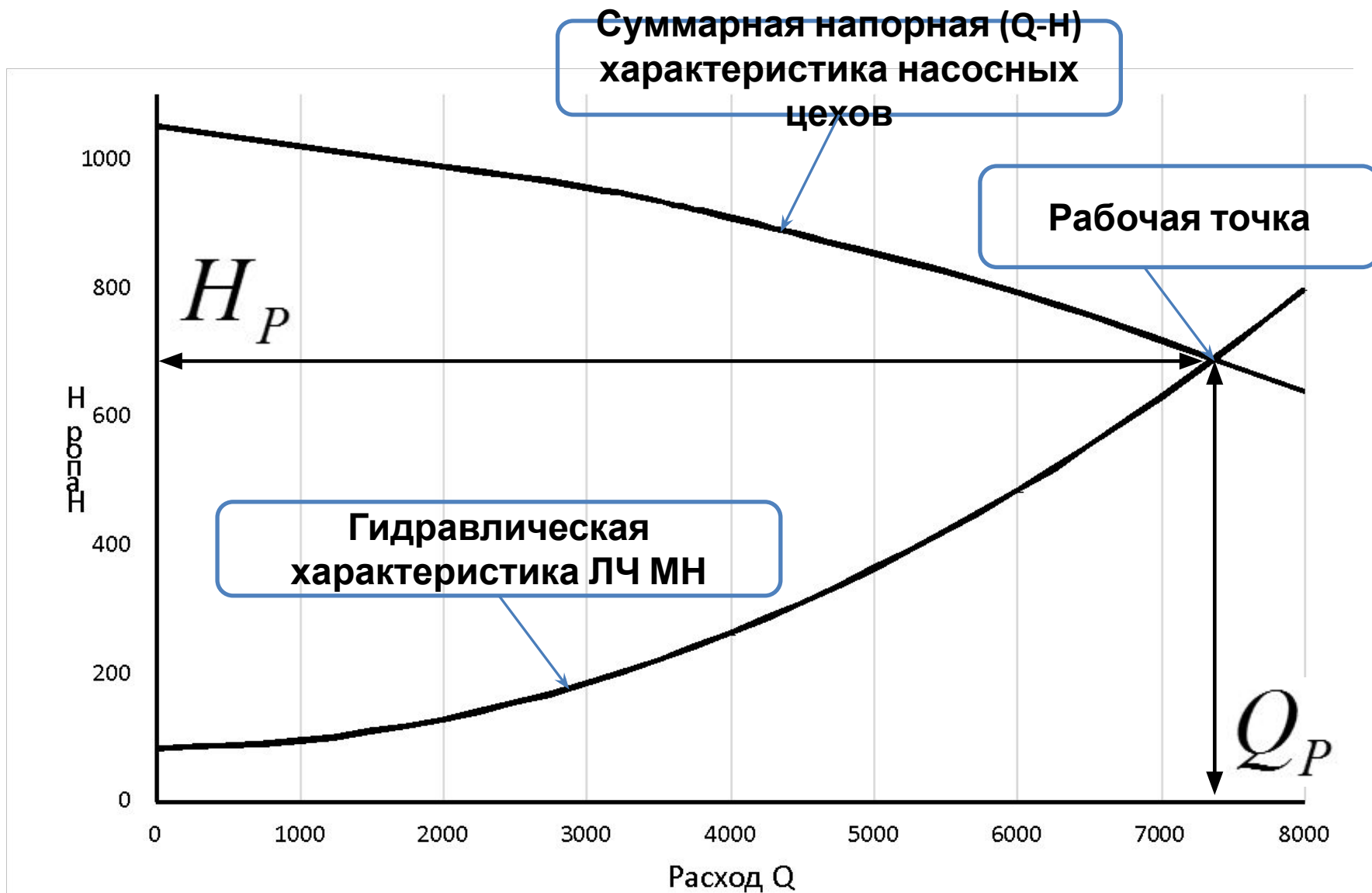
Коэффициенты формулы Л.С. Лейбензона

Что отражает снижение этого параметра?

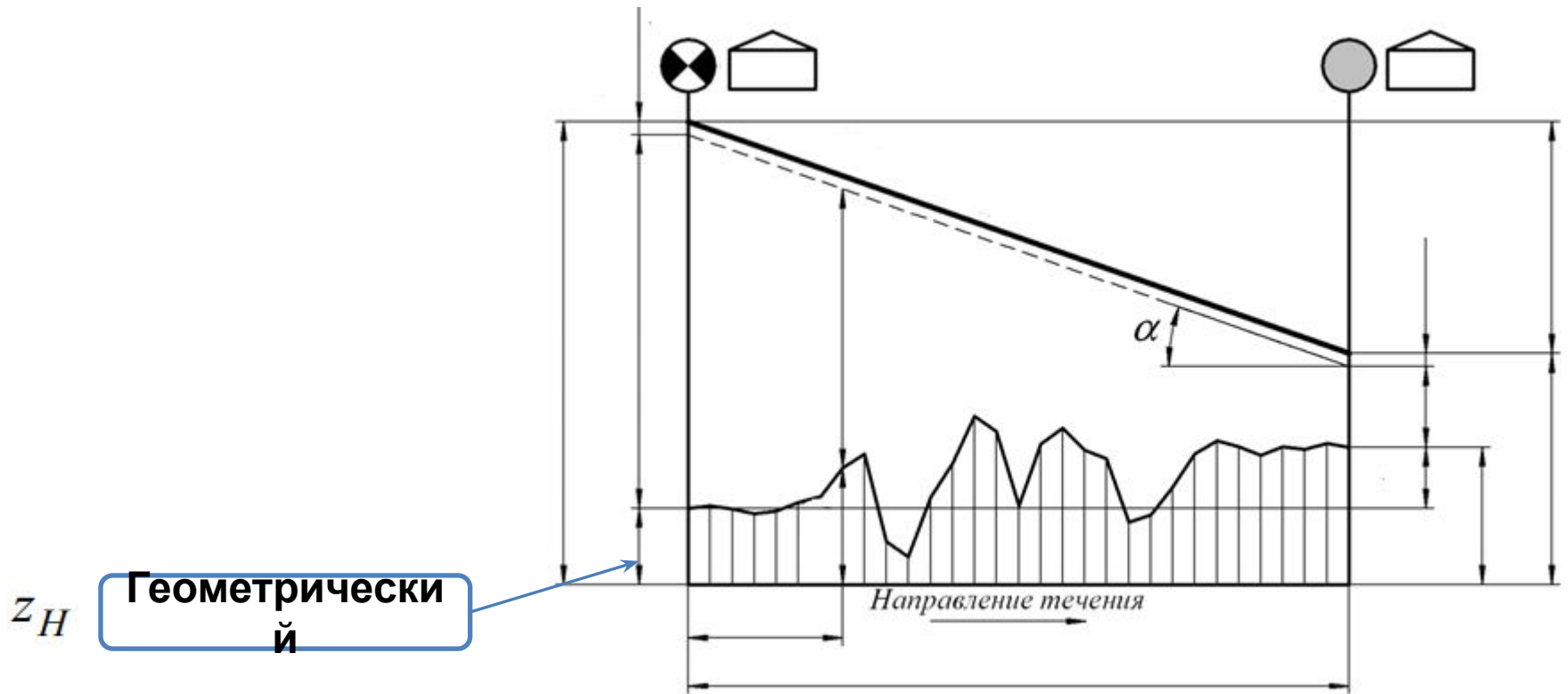
Режим течения		Значение коэффициента	
		m	$\beta, \text{с}^2/\text{м}$
Ламинарный		1	4,15
Переходный турбулентный		-1,02	$1,41 \cdot 10^{-6}$
Развитый турбулентный	зона гидравлически гладких труб	0,25	0,0246
	зона смешанного трения	0,1	$0,0166 \cdot \varepsilon^{0,15}$
	зона квадратичного трения	0	$9,09 \cdot 10^{-3} \cdot \varepsilon^{0,25}$

Что отражает появление в формуле этого параметра?

Рабочая точка МН

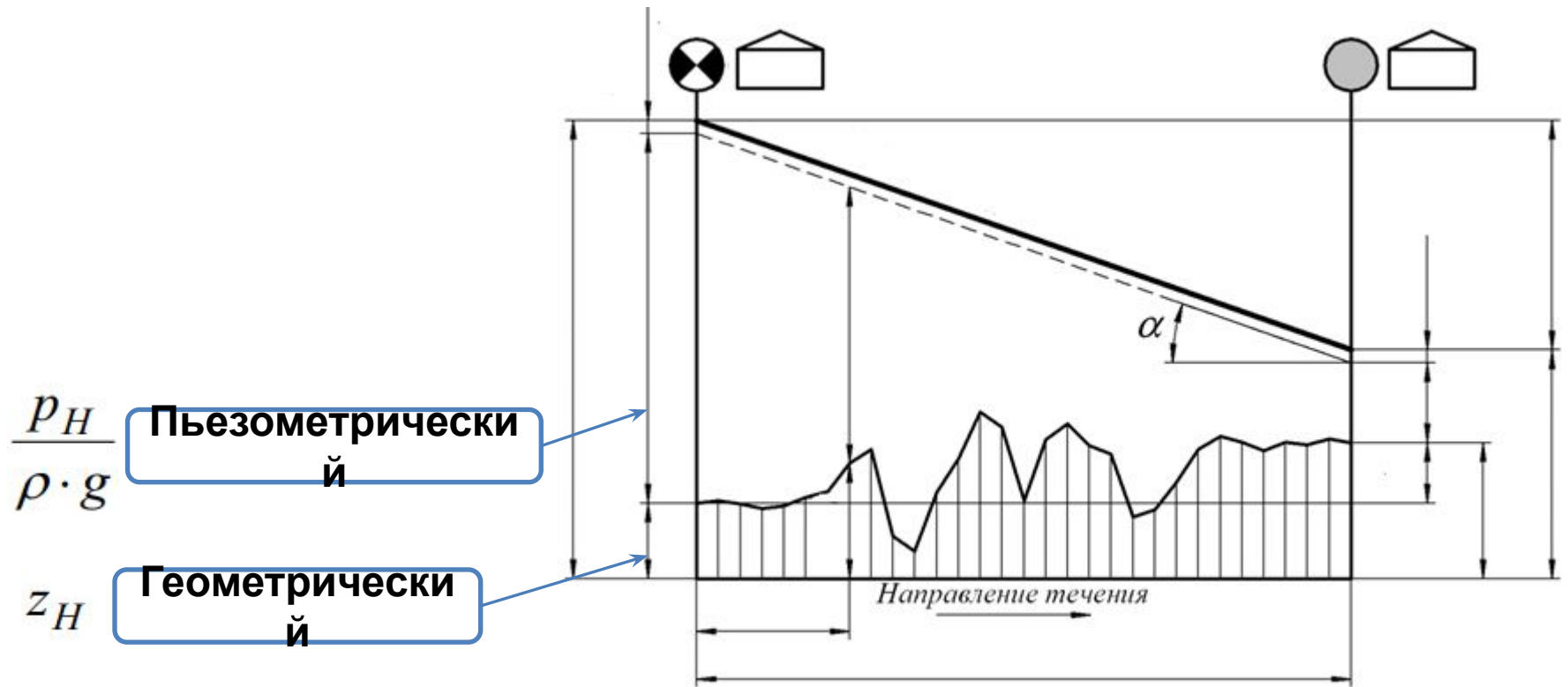


Графическая интерпретация уравнения Бернулли для МН



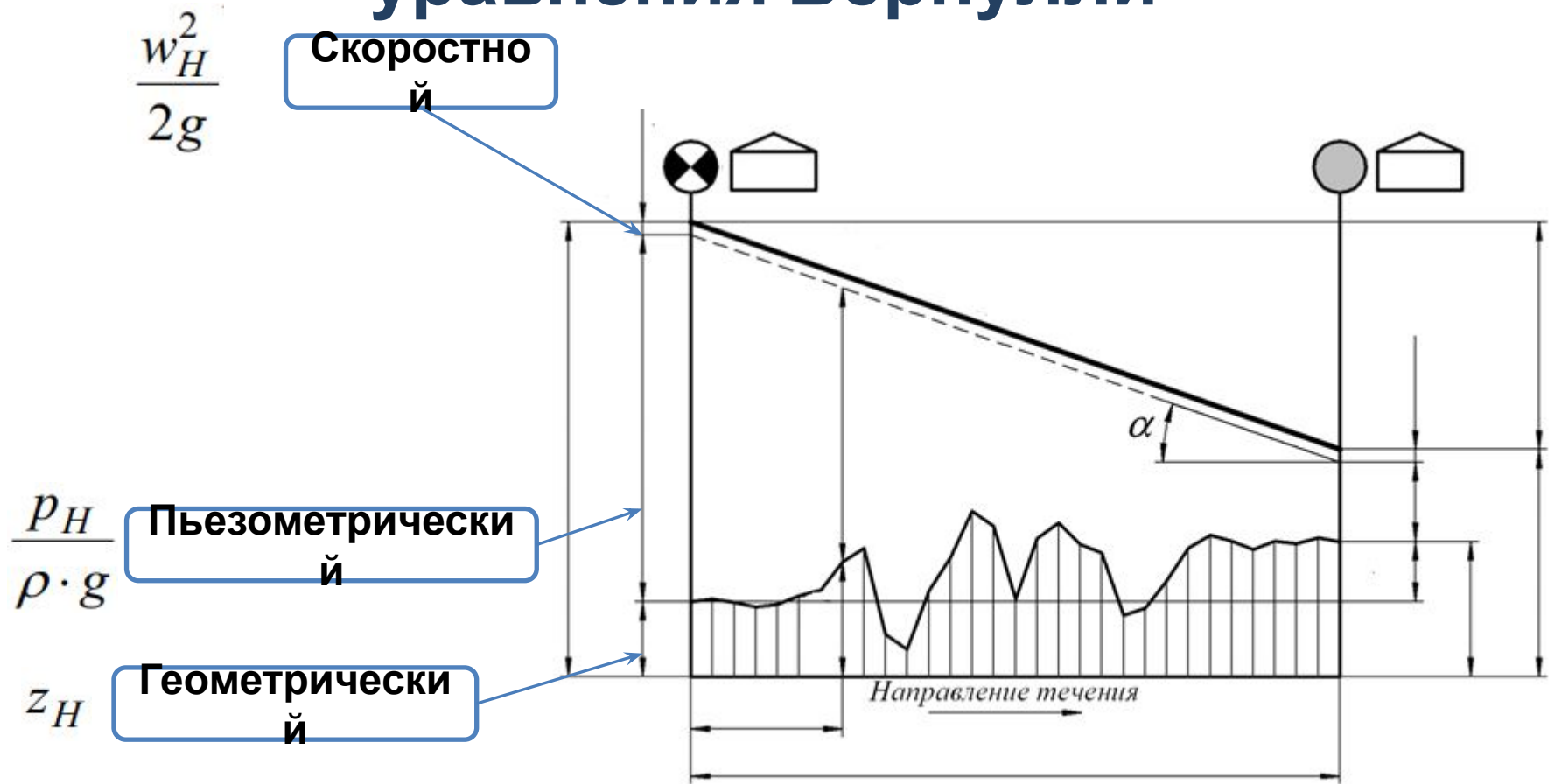
Удельная потенциальная энергия положения в начальном сечении МН. Определяется высотной отметкой станции

Графическая интерпретация уравнения Бернулли



Удельная энергия давления в начальном сечении МН. Создается насосами станции.

Графическая интерпретация уравнения Бернулли



Удельная кинетическая энергия в начальном сечении МН.
Создается насосами станции

Графическая интерпретация уравнения Бернулли

$$\frac{w_H^2}{2g}$$

Скоростно
й

Полный

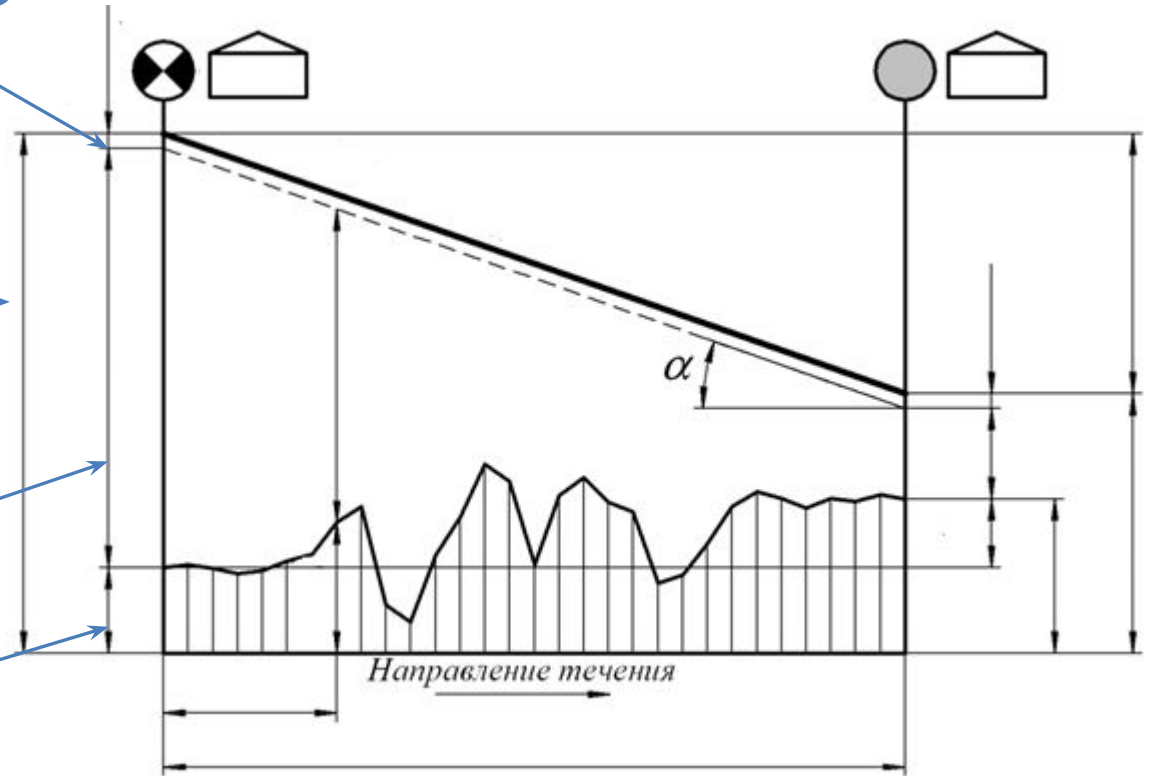
$$H_N^{\text{полн}}$$

$$\frac{p_H}{\rho \cdot g}$$

Пьезометрически
й

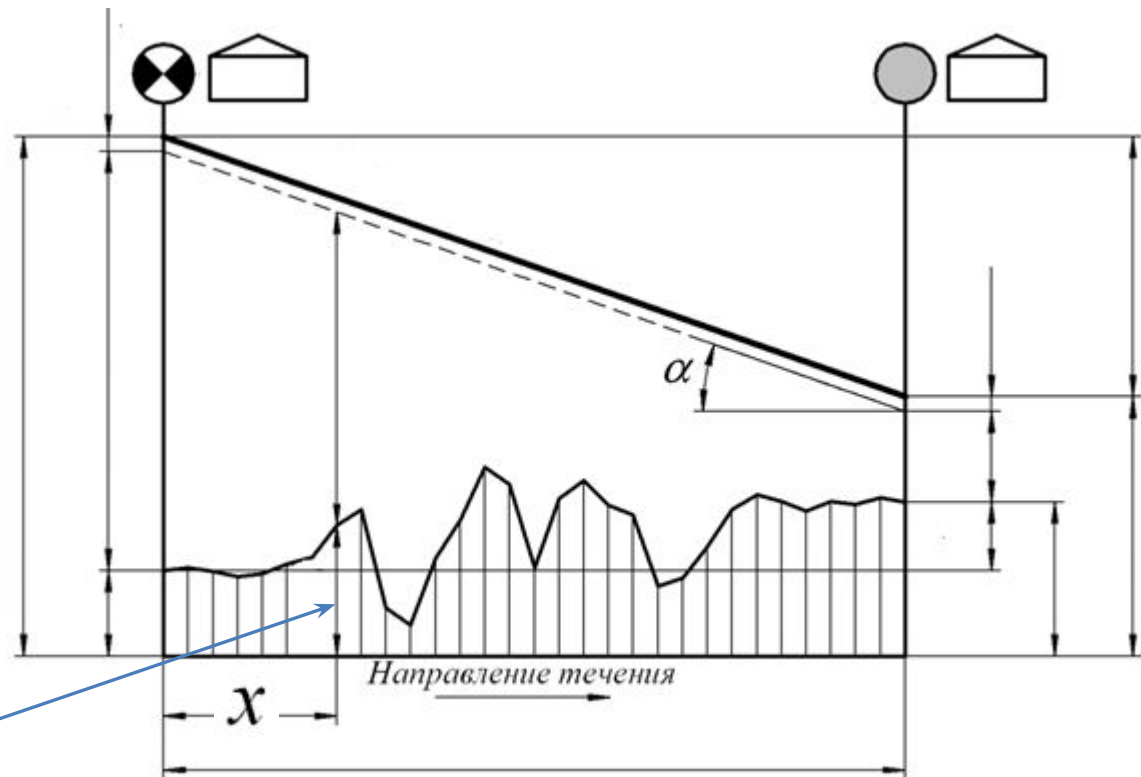
$$z_H$$

Геометрически
й



Полная удельная энергия в начальном сечении МН

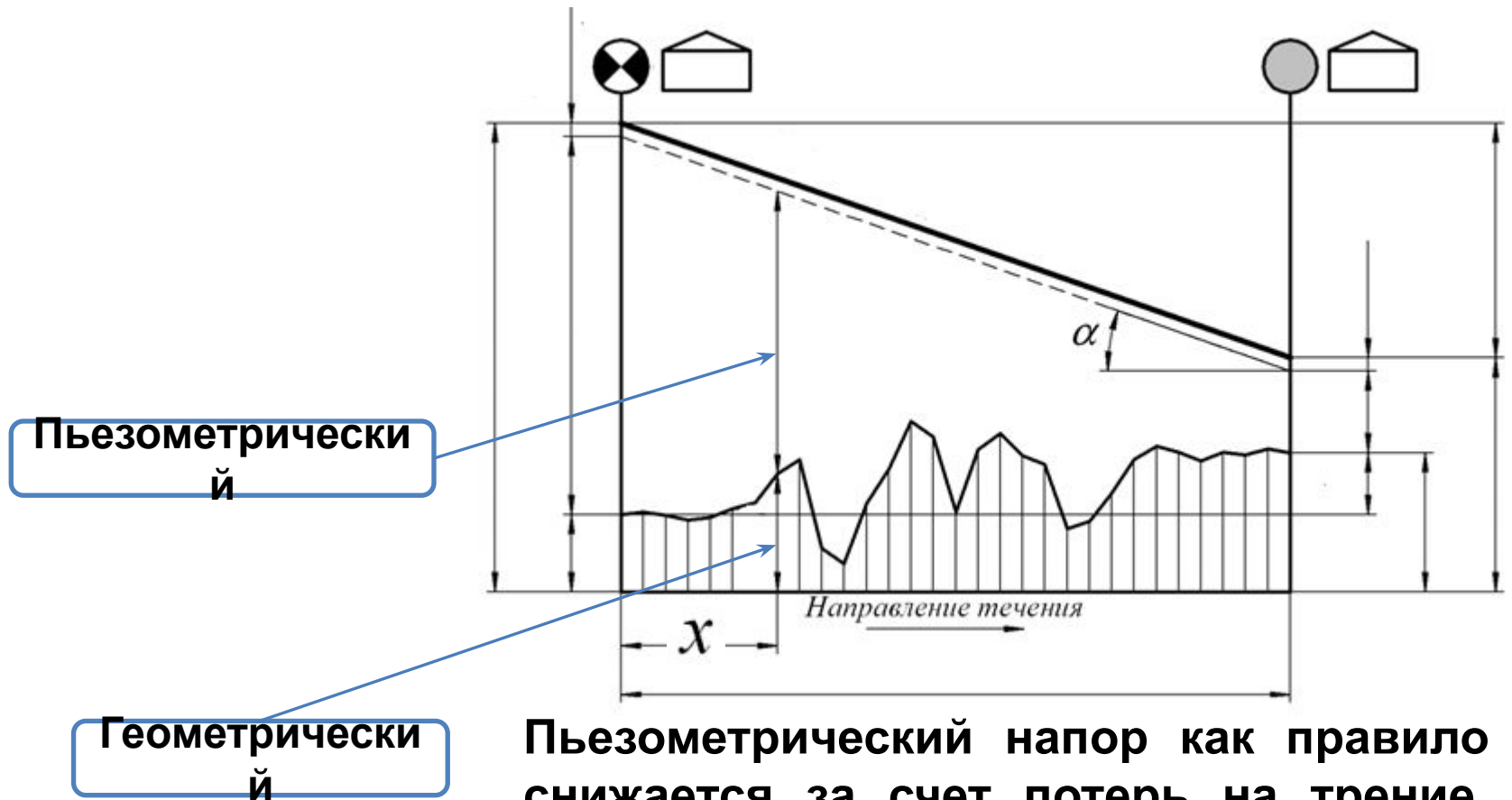
Графическая интерпретация уравнения Бернулли



Геометрически
й

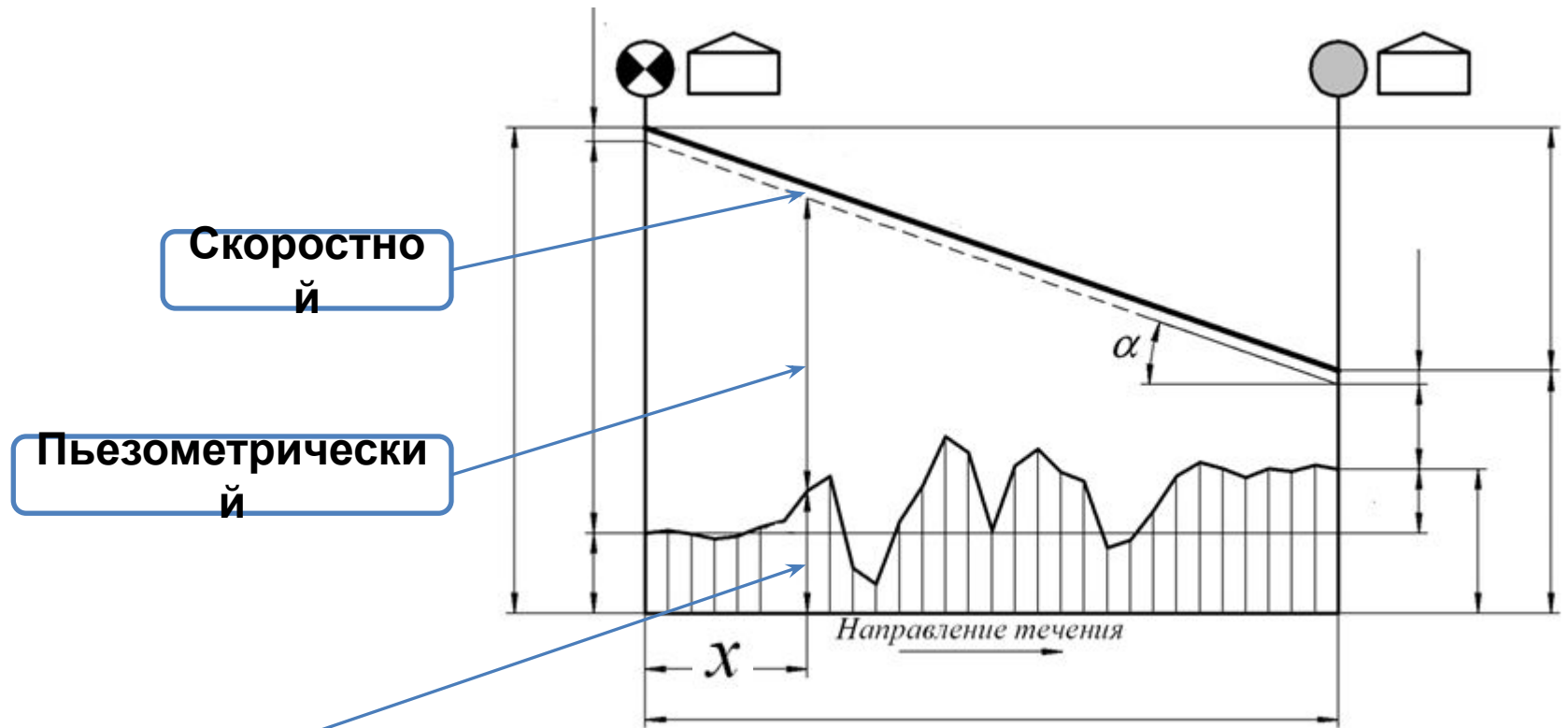
Геометрический напор зависит от высотной отметки трассы трубопровода. Может как уменьшаться, так и увеличиваться.

Графическая интерпретация уравнения Бернулли



Пьезометрический напор как правило снижается за счет потерь на трение. Однако при наличии резких углублений на трассе может расти.

Графическая интерпретация уравнения Бернулли



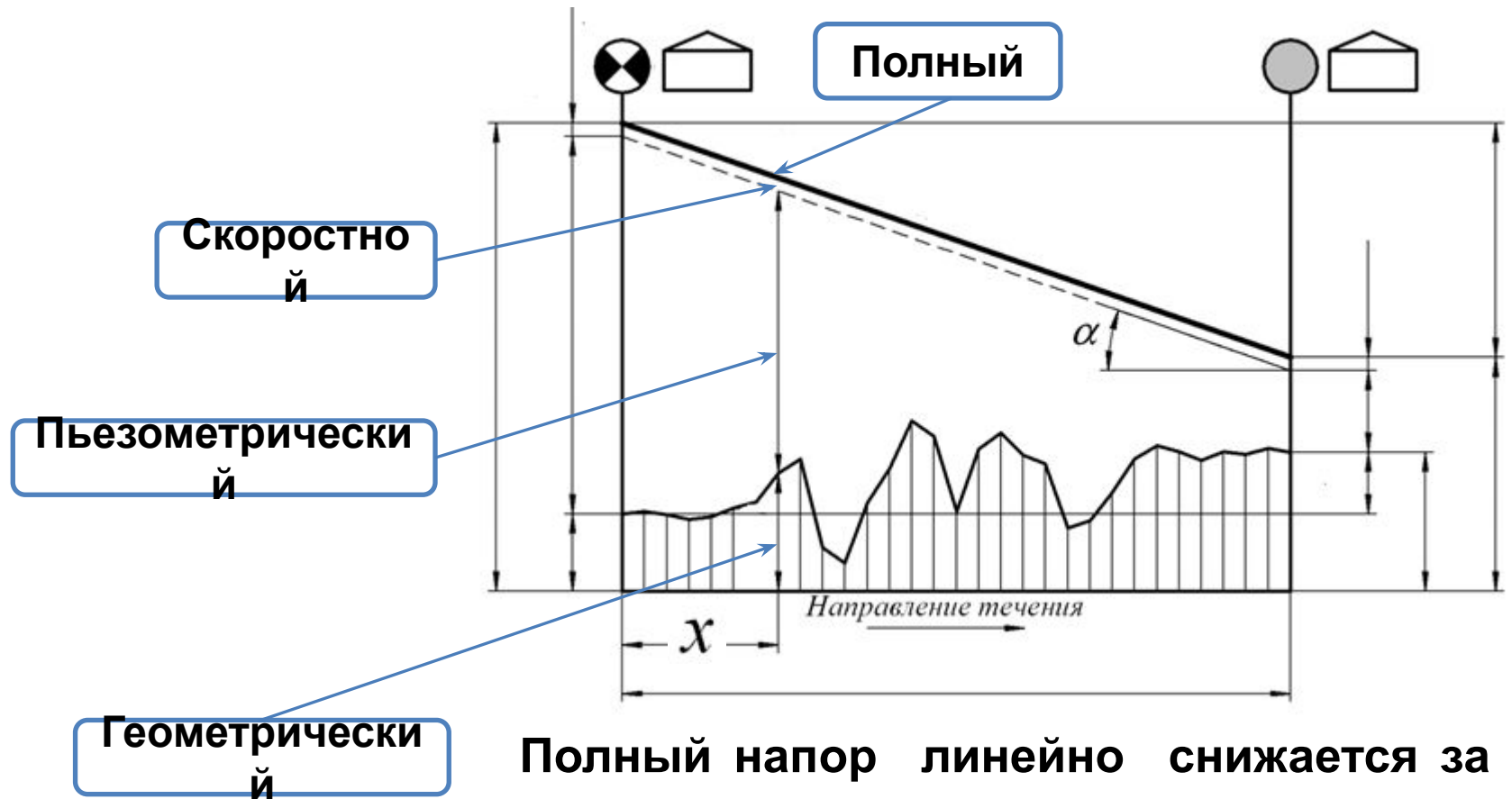
Скоростной

Пьезометрический

Геометрический

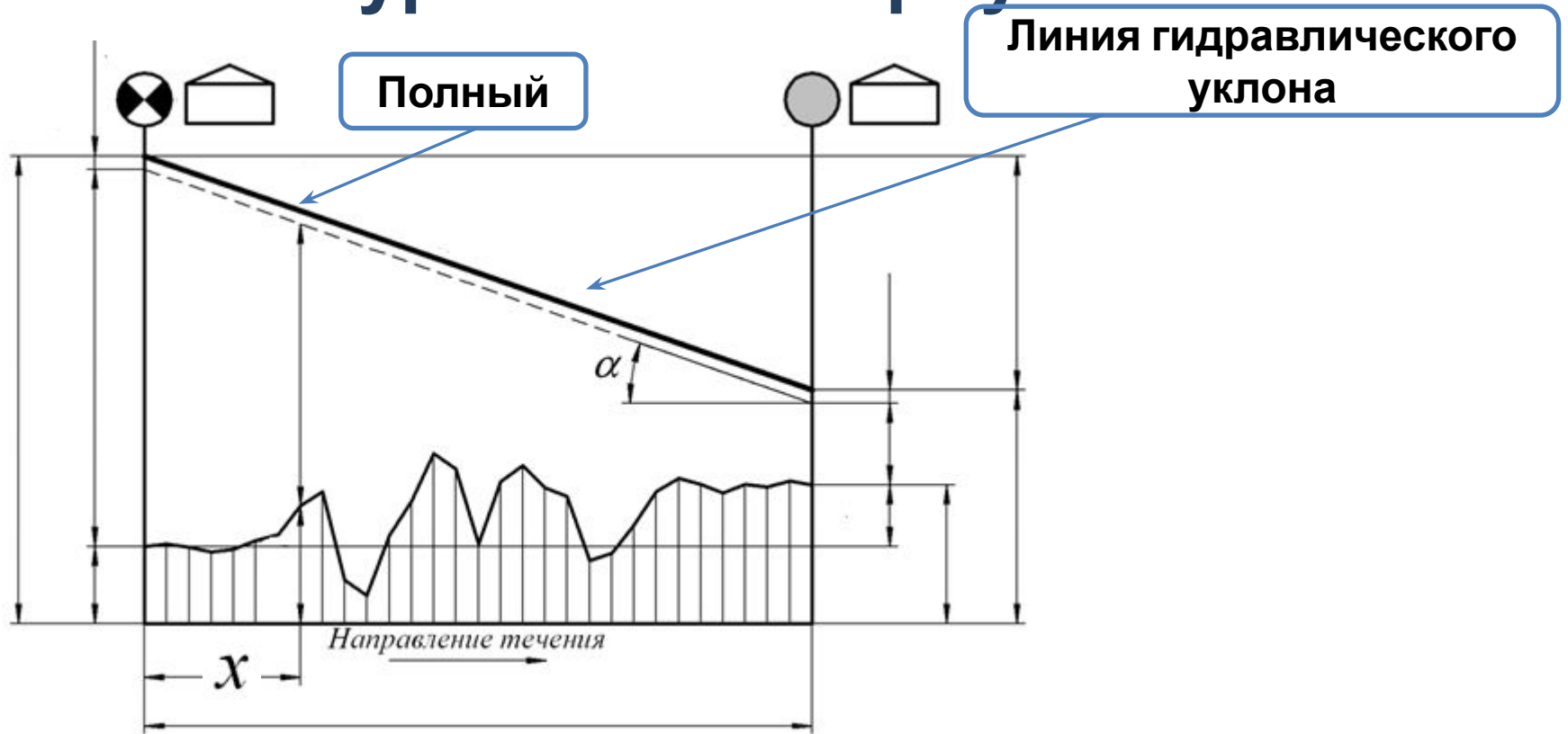
Скоростной напор зависит от внутреннего диаметра трубопровода. При постоянном диаметре не изменяется.

Графическая интерпретация уравнения Бернулли



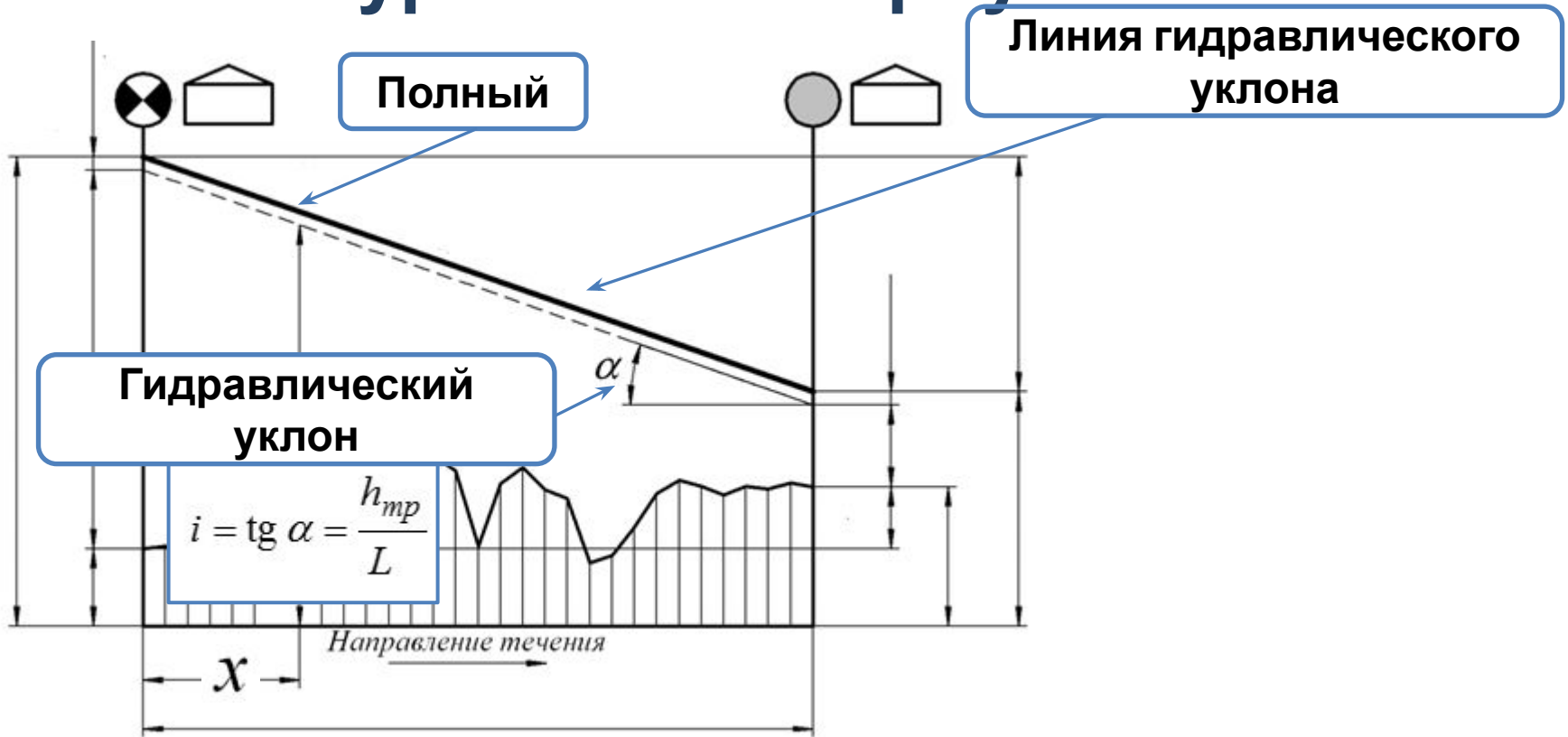
Полный напор линейно снижается за счет потерь на трение.

Графическая интерпретация уравнения Бернулли



Линия $H(x)$, представляющая зависимость полного напора от координаты вдоль оси трубопровода, называется линией гидравлического уклона.

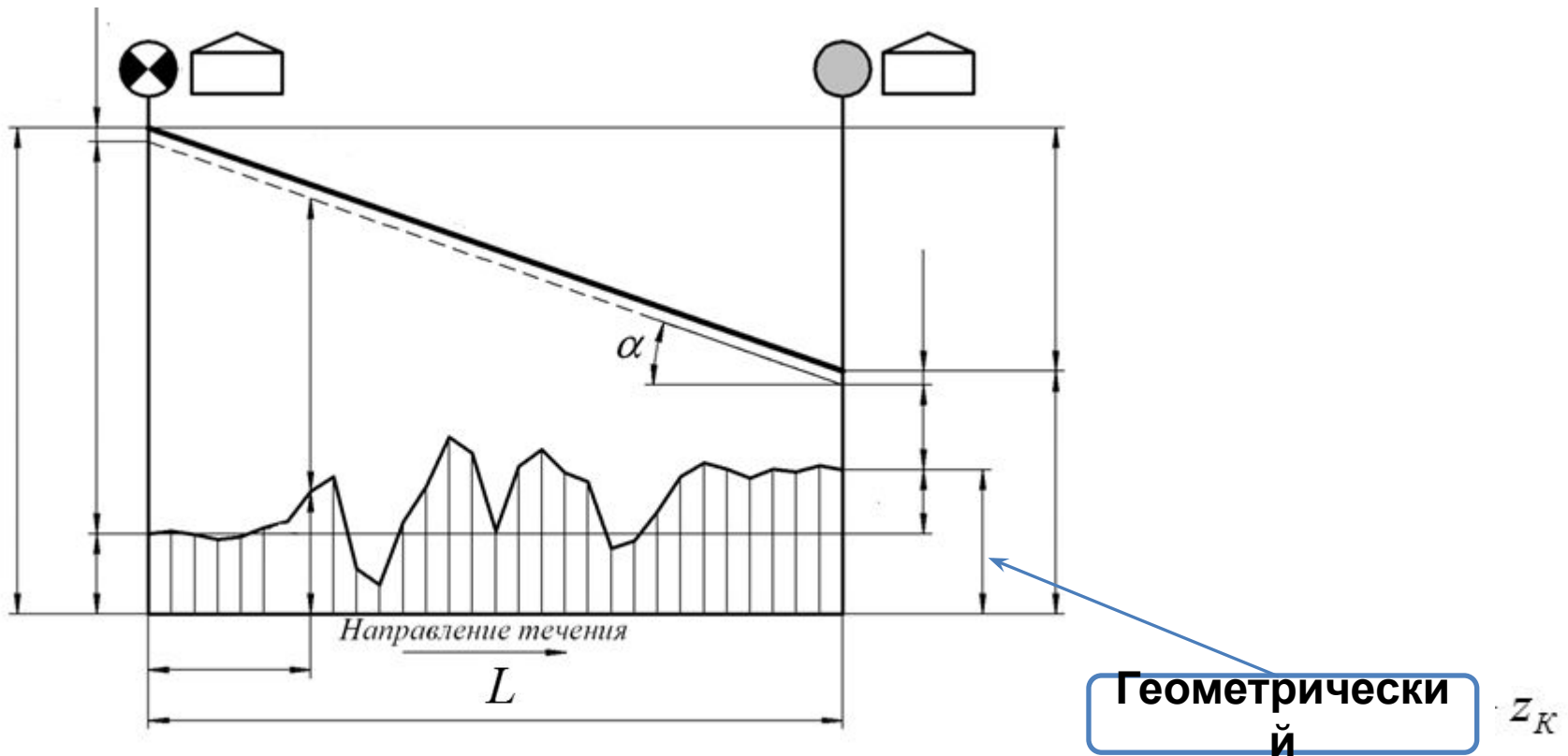
Графическая интерпретация уравнения Бернулли



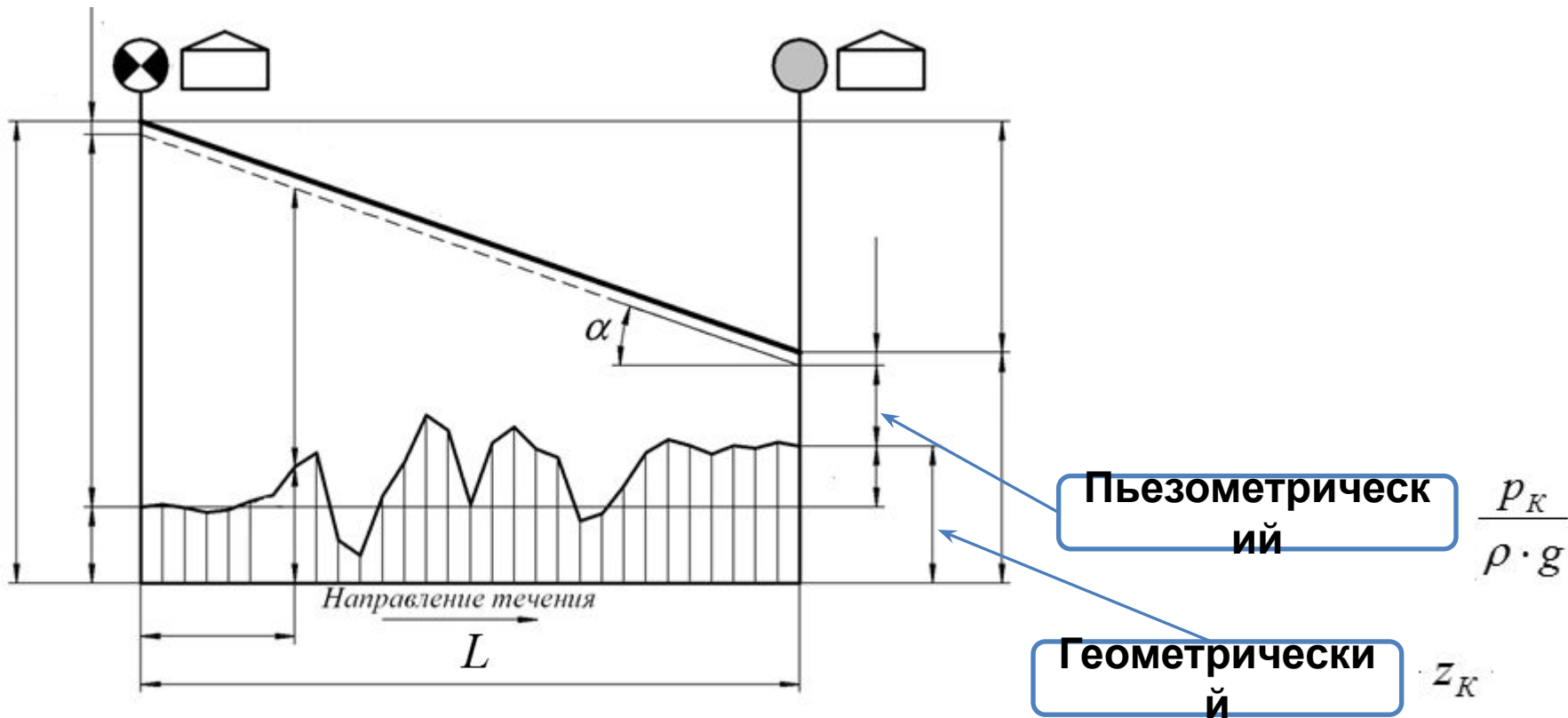
i - гидравлический уклон (тангенс угла наклона линии гидравлического уклона к горизонту) – потери напора на трение, отнесенные к единице длины трубопровода.

При равных масштабах по осям

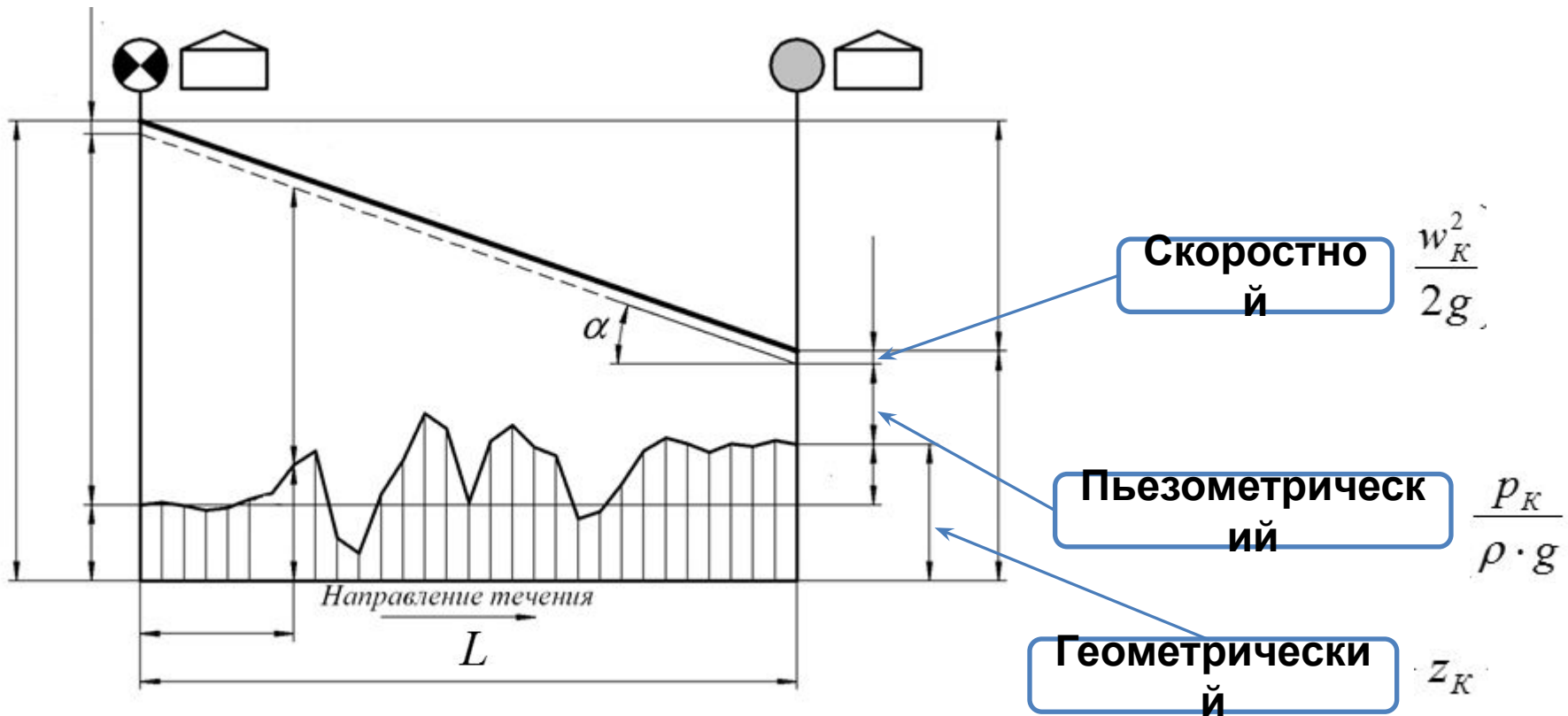
Графическая интерпретация уравнения Бернулли



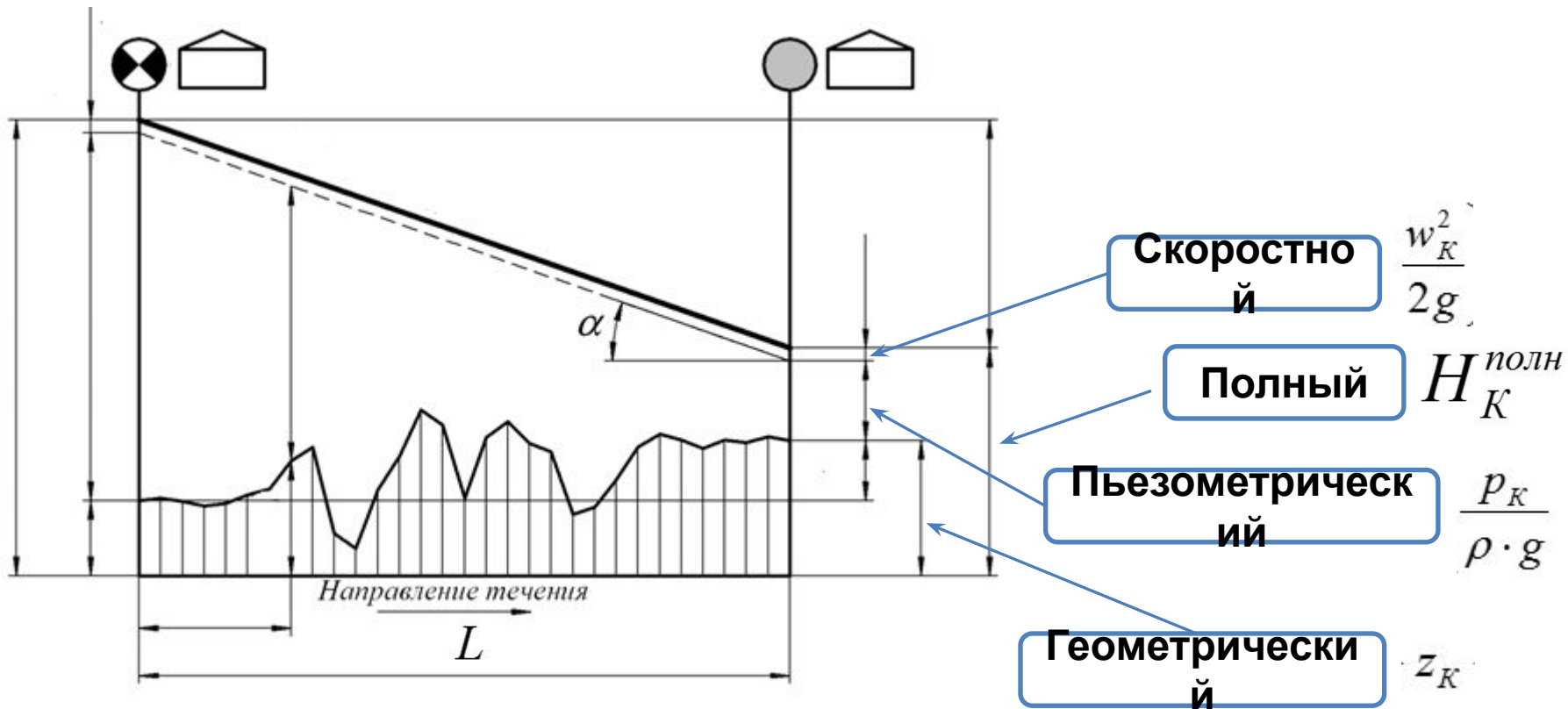
Графическая интерпретация уравнения Бернулли



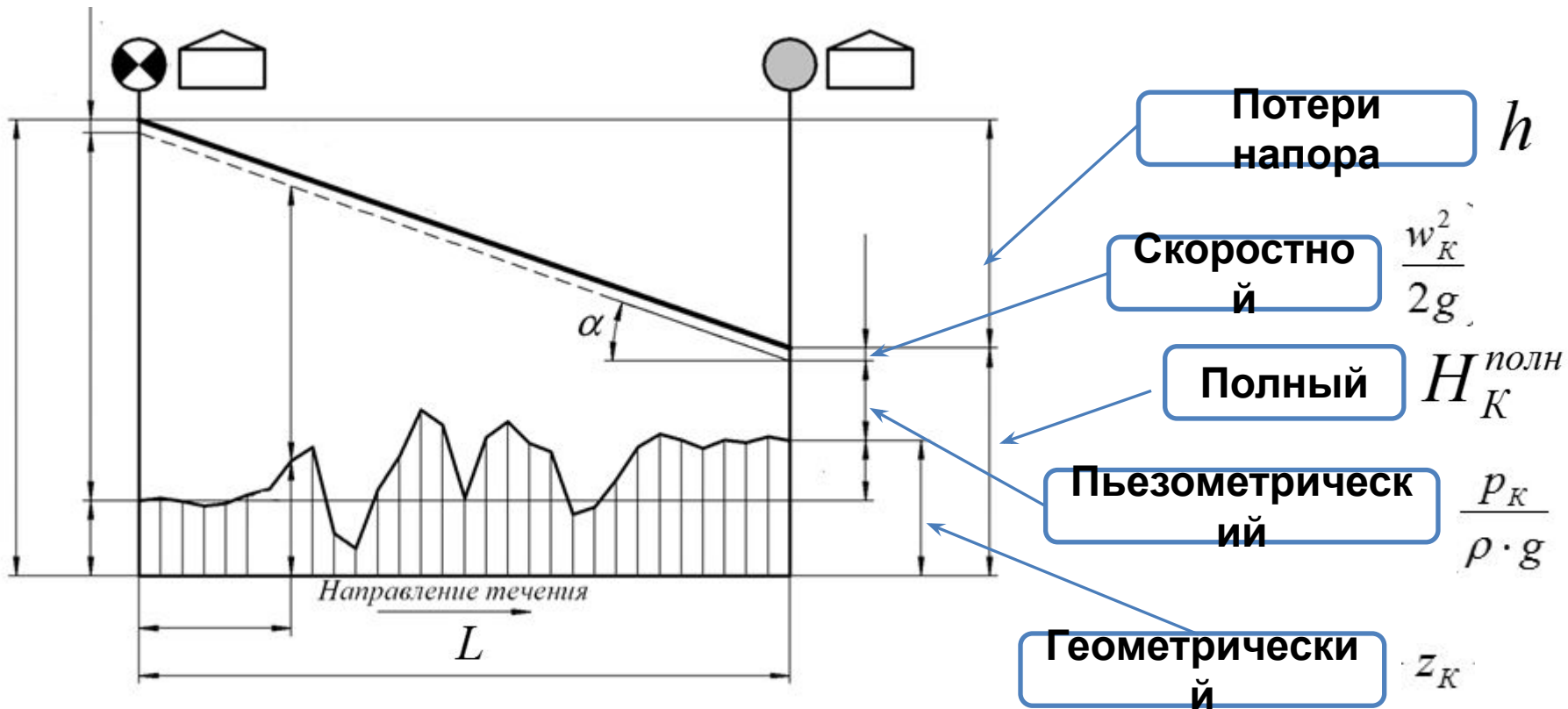
Графическая интерпретация уравнения Бернулли



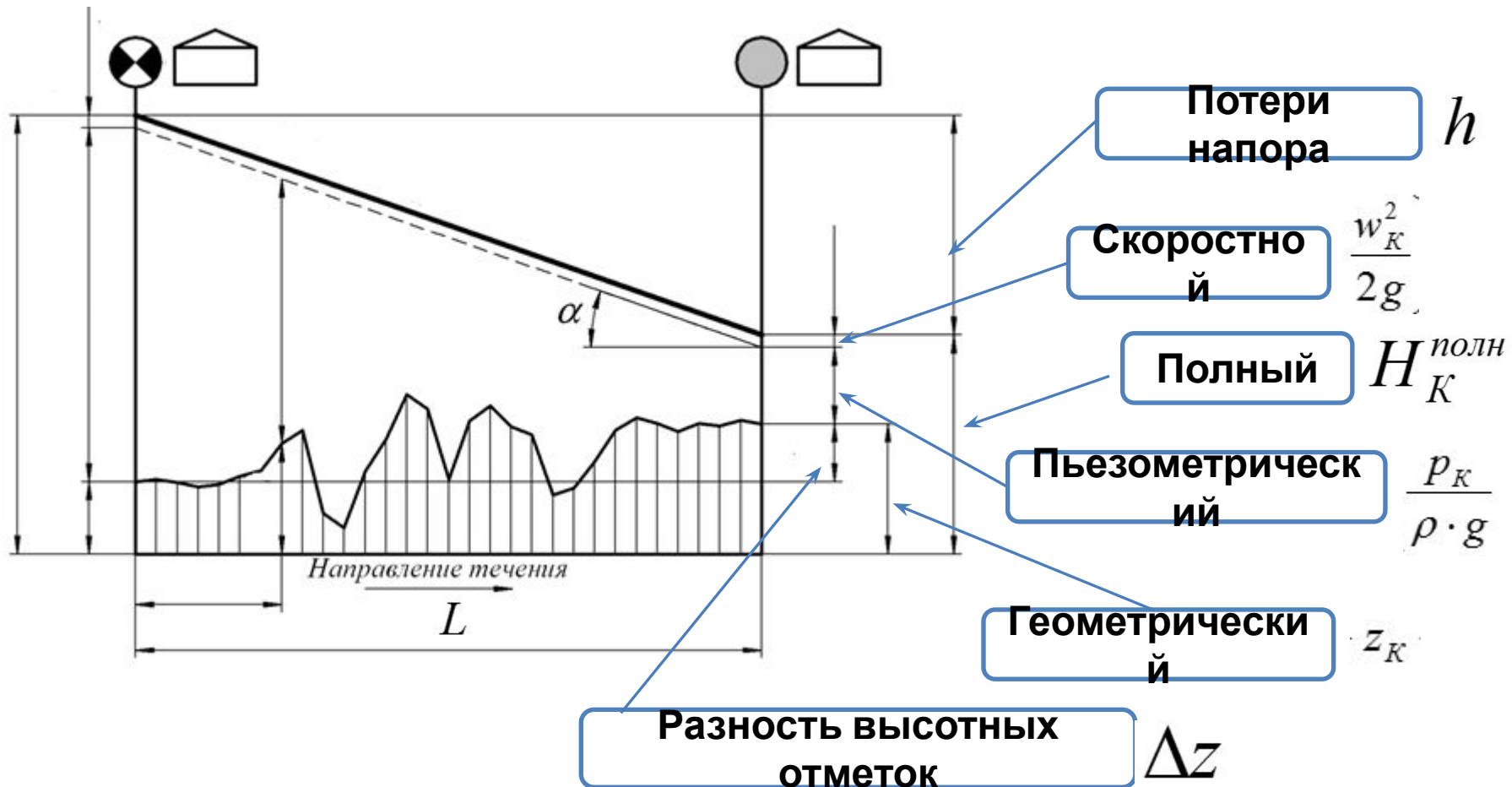
Графическая интерпретация уравнения Бернулли



Графическая интерпретация уравнения Бернулли



Графическая интерпретация уравнения Бернулли



I гидравлическая характеристика линейной части МН с несколькими перегонами

