

Презентация на тему «Гидравлический удар»

По дисциплине «Гидравлические и
пневматические системы»

Автор: Конев С.П.



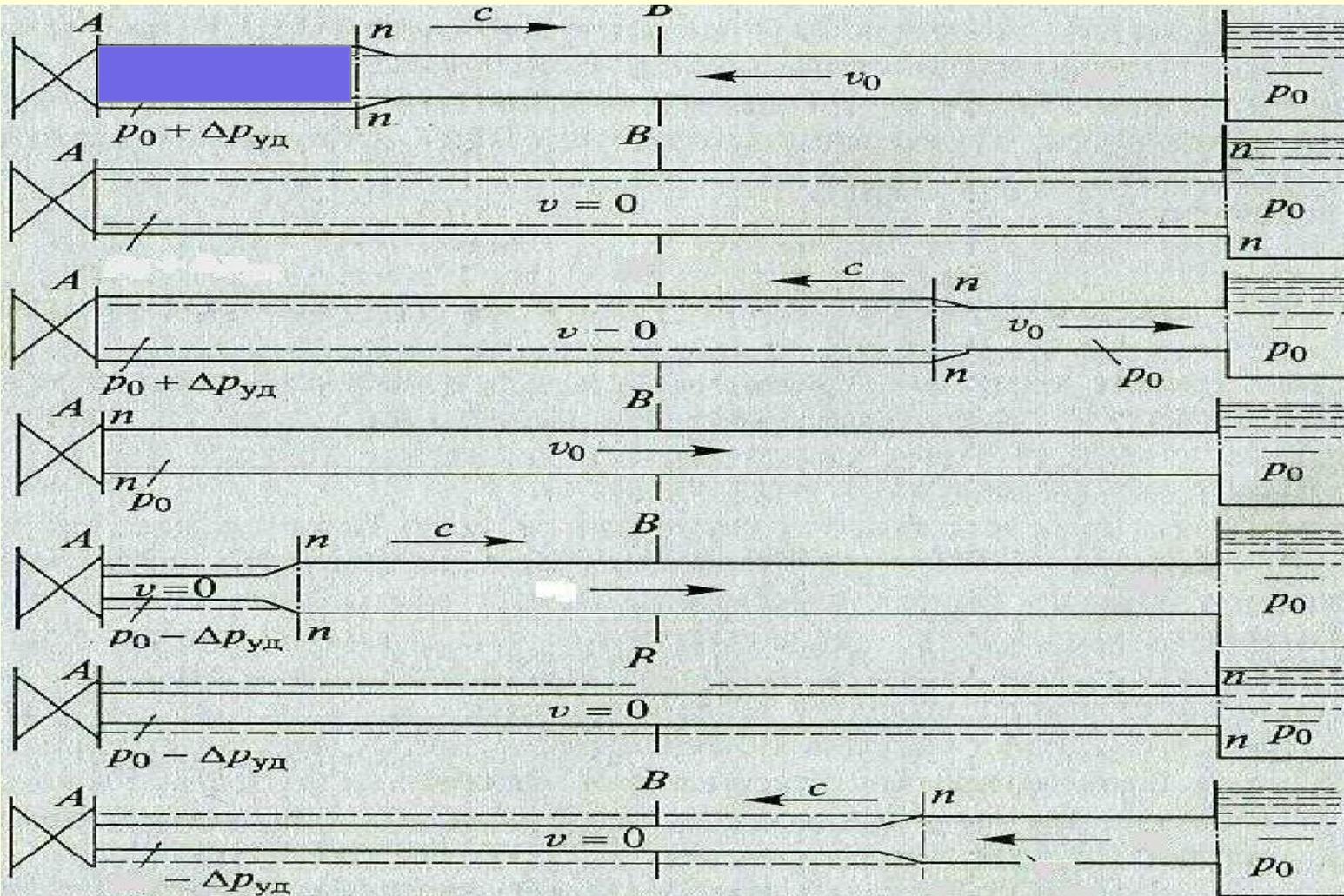
определение

- *Гидравлическим ударом* называется колебательный процесс, возникающий в трубопроводе при внезапном изменении скорости жидкости, например при остановке потока из-за быстрого перекрытия задвижки (крана).
- 

Описание процесса



1 стадия

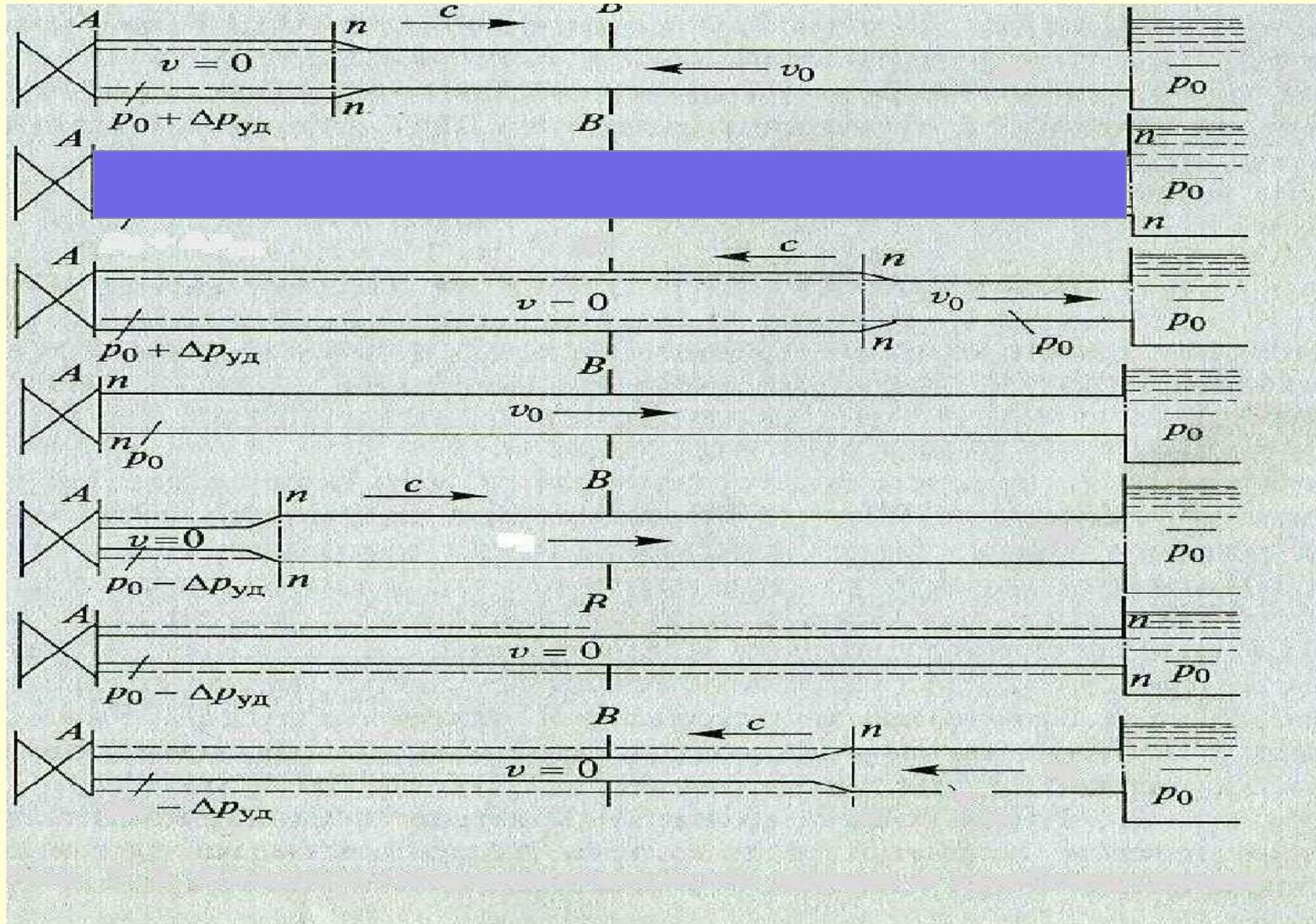




1 стадия

- скорость частиц жидкости, натолкнувшись на кран, будет погашена, а их кинетическая энергия перейдет в работу деформации стенок трубы и жидкости. При этом стенки трубы растягиваются, а жидкость сжимается.
- 

2 стадия



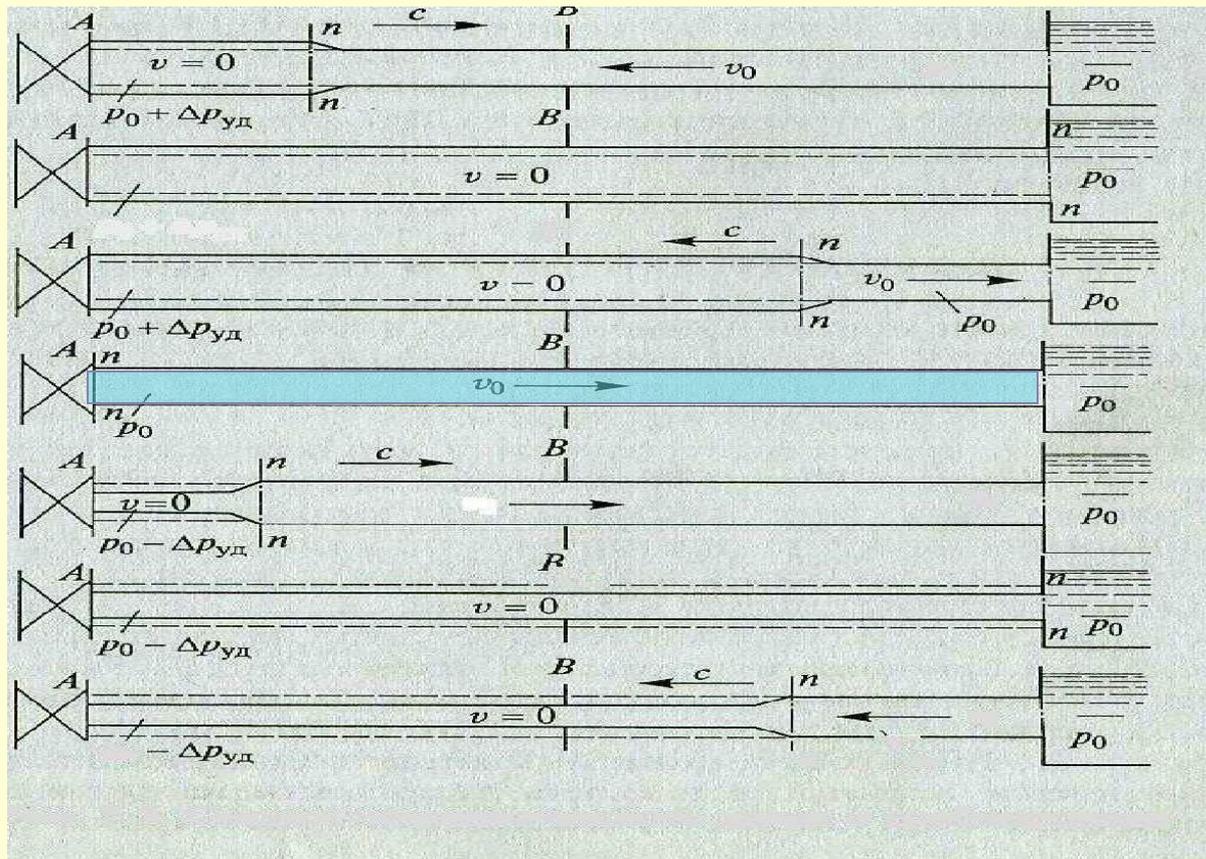
2 стадия

- Когда ударная волна достигнет резервуара, жидкость окажется остановленной и сжатой во всей трубе, а стенки трубы — растянутыми. Ударное повышение давления $\Delta p_{уд}$ распространится на всю трубу

3 стадия

- Под действием повышенного давления ($p_0 + \Delta p_{y\partial}$) частицы жидкости устремятся из трубы в резервуар, причем это движение начнется с сечения, непосредственно прилегающего к резервуару. Теперь сечение $n-n$ перемещается по трубопроводу в обратном направлении — к крану—с той же скоростью c , оставляя за собой в жидкости давление

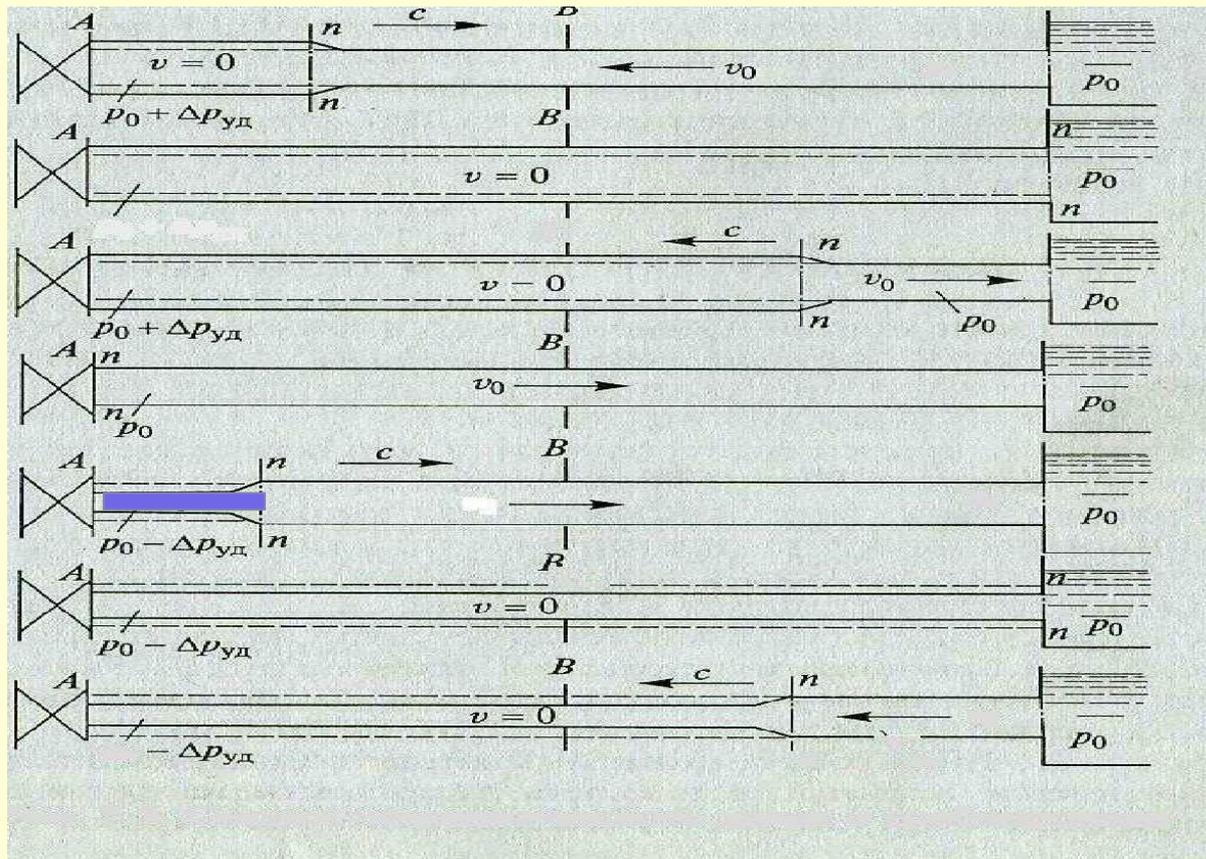
4 стадия



4 стадия

- Жидкость и стенки трубы возвращаются к начальному состоянию, соответствующему давлению p_0 . Работа деформации полностью переходит в кинетическую энергию, и жидкость в трубе приобретает первоначальную скорость u_0 но направленную в противоположную сторону.

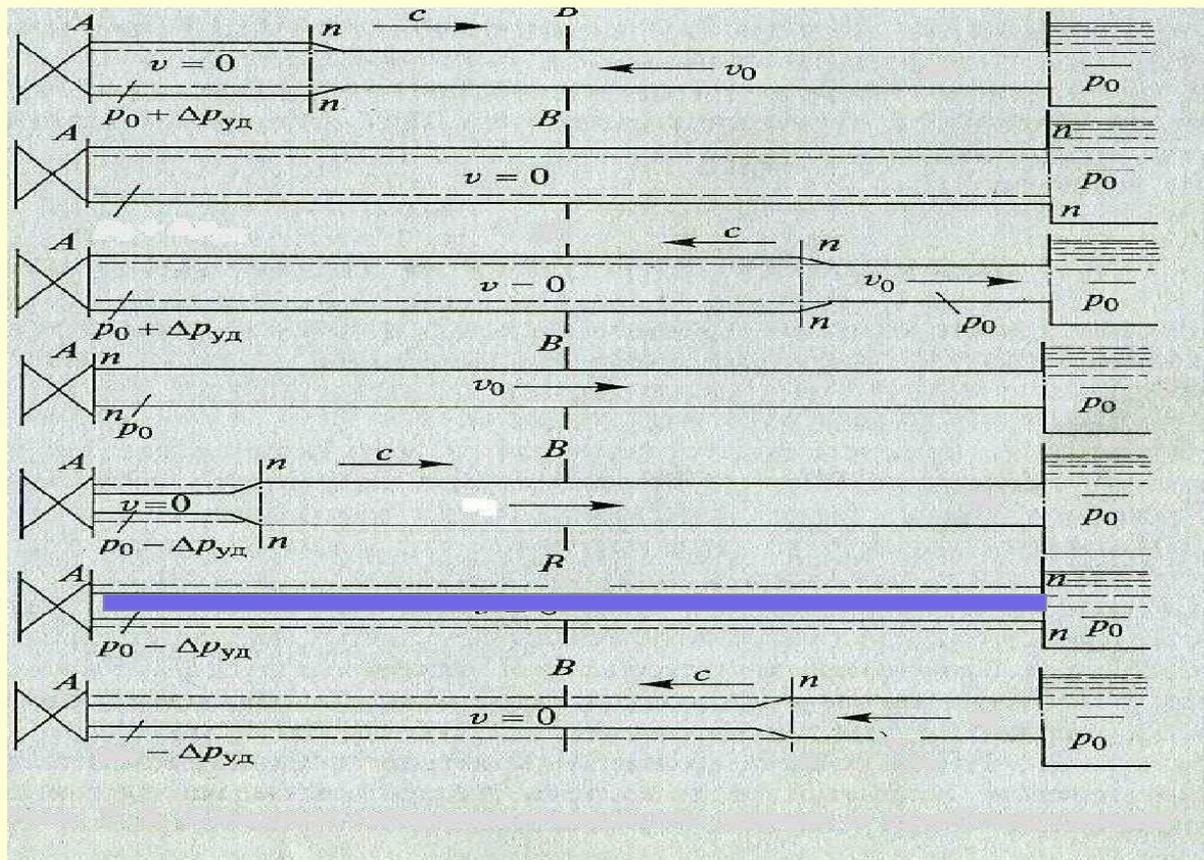
5 стадия

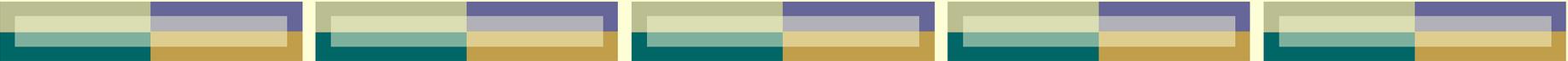


5 стадия

- С этой скоростью «жидкая колонна» стремится оторваться от крана, в результате возникает отрицательная ударная волна (давление в жидкости уменьшается на то же значение $\Delta p_{уд}$). Граница между двумя состояниями жидкости направляется от крана к резервуару со скоростью c , оставляя за собой сжавшиеся стенки трубы и расширившуюся жидкость. Кинетическая энергия жидкости вновь переходит в работу деформации, но с противоположным знаком.

6 стадия



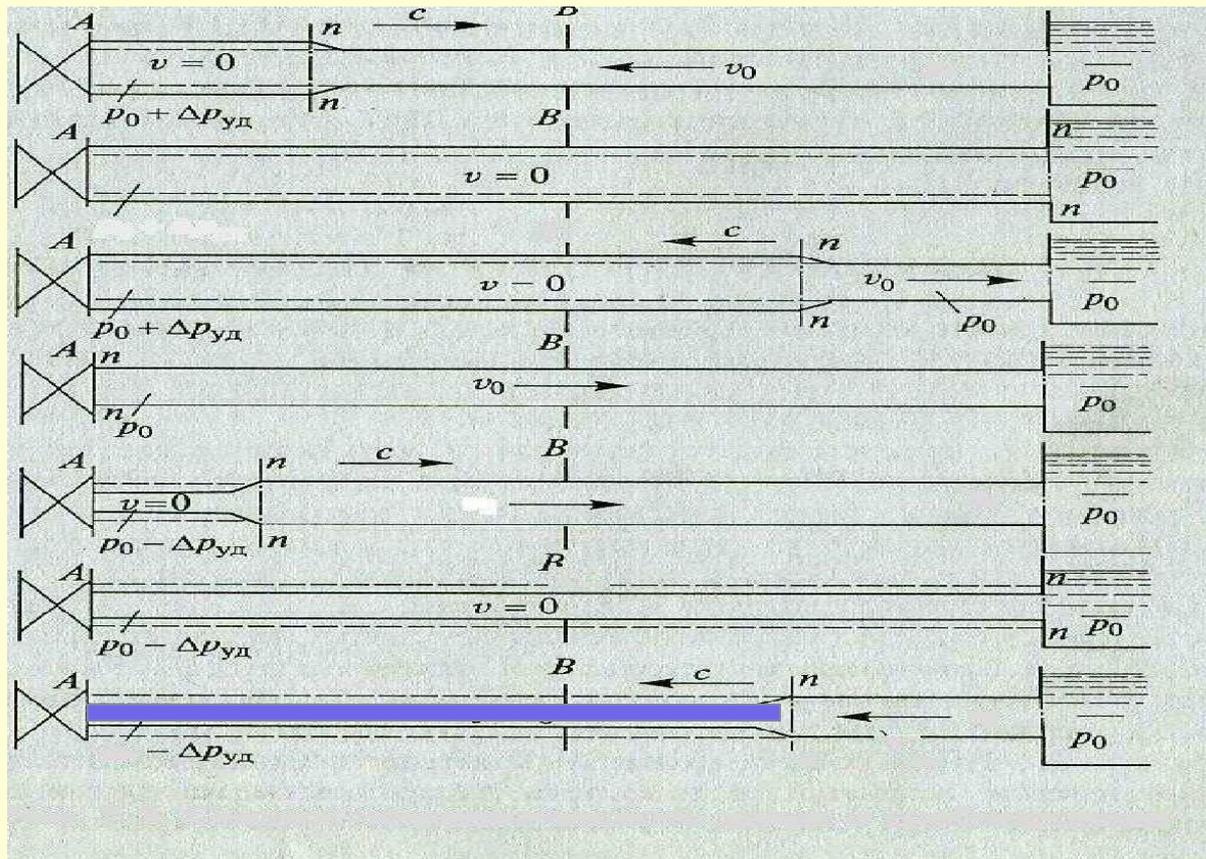


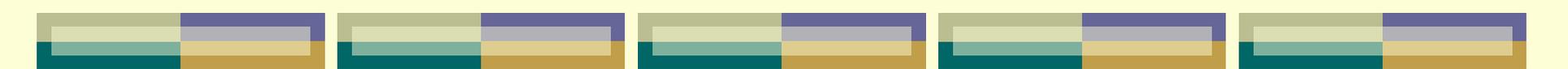
6 стадия

- Состояние жидкости в трубе в момент прихода отрицательной ударной волны к резервуару



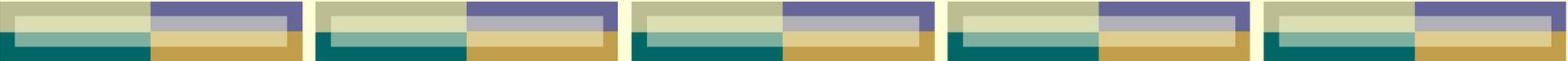
7 стадия





7 стадия

- процесс выравнивания давления в трубе и резервуаре, сопровождающийся возникновением движения жидкости со скоростью u_0 .
 - Очевидно, что как только отраженная от резервуара ударная волна достигнет крана, возникнет ситуация, уже имевшая место в момент закрытия крана. Весь цикл гидравлического удара повторится
- 



Теоретическая часть

- Теоретическое и экспериментальное исследования гидравлического удара в трубах было впервые выполнено Н. Е. Жуковским.
 - В его опытах было зарегистрировано до 12 полных циклов с постепенным уменьшением $\Delta p_{уд}$
- 

Ударное давление

- В результате проведенных исследований Н.Е.Жуковский получил аналитические зависимости, позволяющие оценить ударное давление $\Delta p_{y\partial}$. Одна из этих формул,

- получившая имя Н.Е.Жуковского, имеет вид

$$\Delta p_{y\partial} = \rho u c,$$

- где c - скорость распространения ударной волны

Скорость распространения ударной волны

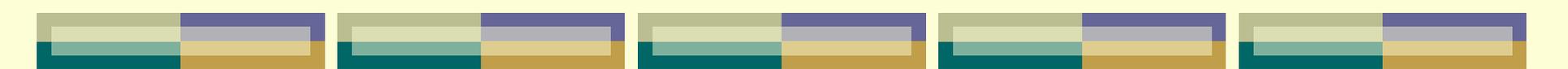
$$c = \frac{1}{\sqrt{\frac{\rho}{K} + \frac{\rho d}{\delta E}}}$$

- скорость распространения ударной волны определяется по формуле слева от текста,
- где K – объёмный модуль упругости жидкости;
- E – модуль упругости материала стенки трубопровода
- d – внутренний диаметр трубопровода
- δ – толщина стенки трубопровода

Фаза гидравлического удара

$$t_0 = \frac{2l}{c}$$

- Фаза гидравлического удара t_0 — это время, за которое ударная волна движется от крана к резервуару и возвращается обратно.
- l — длина трубопровода



Способы снижения вредного влияния гидравлического удара

- увеличение времени срабатывания запорных устройств, перекрывающих поток жидкости.
 - установка перед устройствами, перекрывающими поток жидкости, гидроаккумуляторов или предохранительных клапанов.
 - Уменьшение скорости движения жидкости в трубопроводе за счет увеличения внутреннего диаметра труб при заданном расходе
 - уменьшение длины трубопроводов
- 