

Flujos no estacionarios en tuberías y chimeneas de equilibrio

Flujo no estacionario

Los flujos, en los que los regímenes de flujo varían con el tiempo en un 'punto de observación', se denominan flujos no estacionarios. La única excepción son modificaciones provocadas por turbulencias. En los flujos con superficie abierta, un flujo no estacionario se puede reconocer a través de la variación del nivel de agua con el tiempo.

Los flujos no estacionarios se producen en todos los procesos de encendido y apagado de turbomáquinas, en aparatos y en tuberías, así como en procesos de descarga de depósitos con nivel de líquido variable; asimismo en oscilaciones fluidales (chimenea de equilibrio) y en procesos de golpe de ariete en tuberías y canales abiertos (chorro de agua y onda negativa).

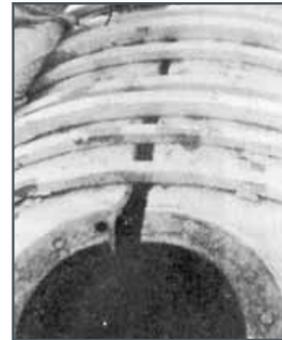
En la práctica, la comprensión de los regímenes de flujo no estacionarios es muy útil para el diseño económico de tuberías (reserva en caso de golpe de ariete) en sistemas de distribución de agua, instalaciones de procesos y centrales hidroeléctricas.

GUNT le ofrece equipos de ensayo ilustrativos para el estudio de flujos no estacionarios en tuberías, la representación de golpes de ariete, así como el funcionamiento de chimeneas de equilibrio como elementos de seguridad en centrales hidroeléctricas.

El aprovechamiento de un golpe de ariete para la elevación de agua es demostrado en base al principio de funcionamiento de un ariete hidráulico.



Tubería y soportes de tubo destruidos como consecuencia de un golpe de ariete



Rotura de tubería, causada por un golpe de ariete

Golpes de ariete en tuberías

Un fenómeno frecuente de los flujos no estacionarios es la aparición de golpes de ariete en tuberías. Las fluctuaciones de presión y del caudal pueden o bien exceder considerablemente la presión determinada para una tubería o bien quedar considerablemente por debajo.

Los golpes de ariete son provocados por:

- cierre o apertura de elementos de bloqueo en la tubería
- encendido y apagado de bombas o turbinas
- nueva puesta en marcha de instalaciones
- modificación del nivel de agua afluente

Consecuencias de los golpes de ariete

Los golpes de ariete causan daños en la instalación afectada. Las tuberías pueden reventar y los soportes de las tuberías pueden dañarse. Además, la robinetería, las bombas, fundamentos y otros componentes de la tubería (p.ej., cambiadores de calor) corren peligro de ser dañados. En el caso de tuberías de agua potable, es posible que un golpe de ariete provoque una aspiración de agua residual del exterior. Como los daños en las tuberías no siempre son inmediatamente visibles (p.ej., deterioro de una brida), es necesario tener en cuenta una posible aparición de golpes de ariete ya durante la planificación de una tubería.

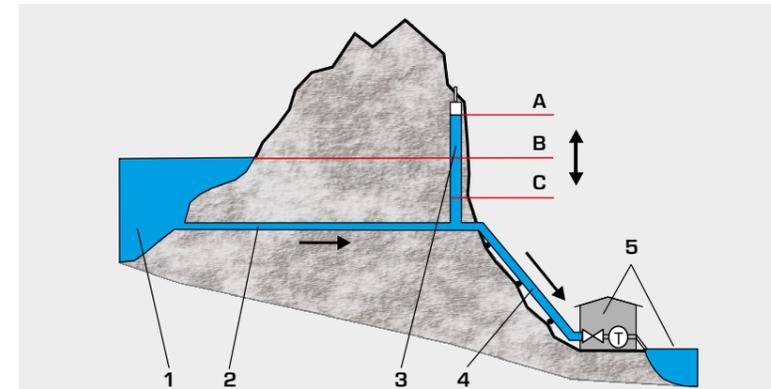
Reducción de golpes de ariete

En el caso de diámetros nominales más pequeños, la incorporación de un depósito de compensación o la utilización de un determinado tipo de elementos tienen influencia sobre la aparición de golpes de ariete. Debido a los tiempos de cierre largos, las válvulas y compuertas no están tan expuestas como chapaletas y llaves de cierre. Las tuberías se pueden proteger contra daños causados por golpes de ariete por medio de válvulas de seguridad.

Los golpes de ariete en tuberías con gran diámetro nominal y gran salto son atenuados o evitados mediante el accionamiento lento de las válvulas de compuerta y el uso de chimeneas de equilibrio en la entrada de las tuberías forzadas (comparable con un depósito de compensación).

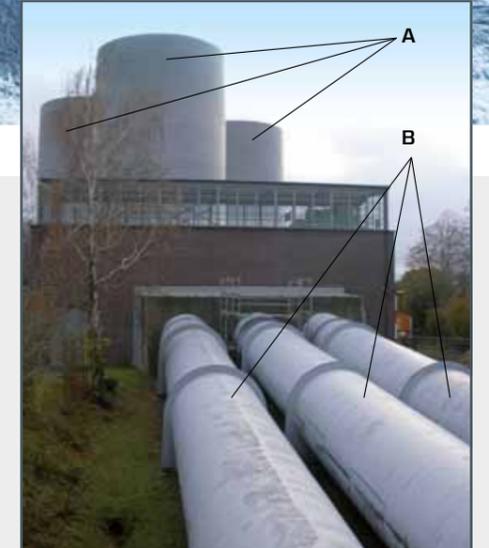


Depósito colapsado como consecuencia de un golpe de ariete



Central hidroeléctrica con chimenea de equilibrio bajo aprovechamiento de las condiciones geológicas naturales

1 depósito de retención, 2 canal de alimentación, 3 chimenea de equilibrio con nivel de agua variable, 4 tubería forzada, 5 alojamiento de la turbina con desagüe; A desconexión de la turbina, B posición de reposo, C arranque de la turbina



Central de acumulación por bombeo Niederwartha en Dresde (Alemania). En la entrada de las tres tuberías forzadas se encuentran tres chimeneas de equilibrio que han sido diseñadas como depósitos abiertos. A chimeneas de equilibrio, B tuberías forzadas

El principio de una chimenea de equilibrio

Para reducir las fluctuaciones de presión, las centrales hidráulicas utilizan chimeneas de equilibrio. Al cerrarse la robinetería, el agua que fluye a través de la tubería forzada se desvía a la chimenea de equilibrio. Allí, el nivel de agua puede subir y bajar hasta

que se vuelva a tranquilizar. La energía cinética del agua que fluye dentro de la tubería forzada es convertida así en energía potencial del nivel de agua elevado en la chimenea de equilibrio y no en una energía de presión destructora.

La tabla muestra un extracto de un curriculum habitual de una escuela superior. Los equipos GUNT cubren, en gran parte, estos contenidos.

Contenidos didácticos para el campo de "flujos no estacionarios"	Productos GUNT
Descarga de depósitos con nivel de agua variable: velocidad de descarga	HM 150.09, HM 150.12
Golpe de ariete: estudio de golpes de ariete y ondas de presión en tuberías, representación de las oscilaciones de un golpe de ariete, determinación de la velocidad del sonido en agua, determinación del tiempo de reflexión, determinación de un golpe de ariete (golpe de Joukowsky), influencia del caudal / de la velocidad de cierre de la robinetería sobre el golpe de ariete	HM 155, HM 156, HM 143
Ariete hidráulico: aprovechamiento de golpes de ariete para la elevación de agua	HM 150.15
Oscilación de chimenea de equilibrio: funcionamiento de una chimenea de equilibrio, frecuencia propia de las oscilaciones	HM 143, HM 156
Chorro de agua y onda negativa: comportamiento del flujo no estacionario, p.ej., en canales abiertos	HM 160 a HM 163
Procesos de desagüe no estacionarios: desagüe, procesos de desagüe retardados (retención)	HM 143
Onda de avenida	
Procesos de flujo no estacionarios en turbomáquinas hidráulicas: cavitación	HM 380, ST 250