

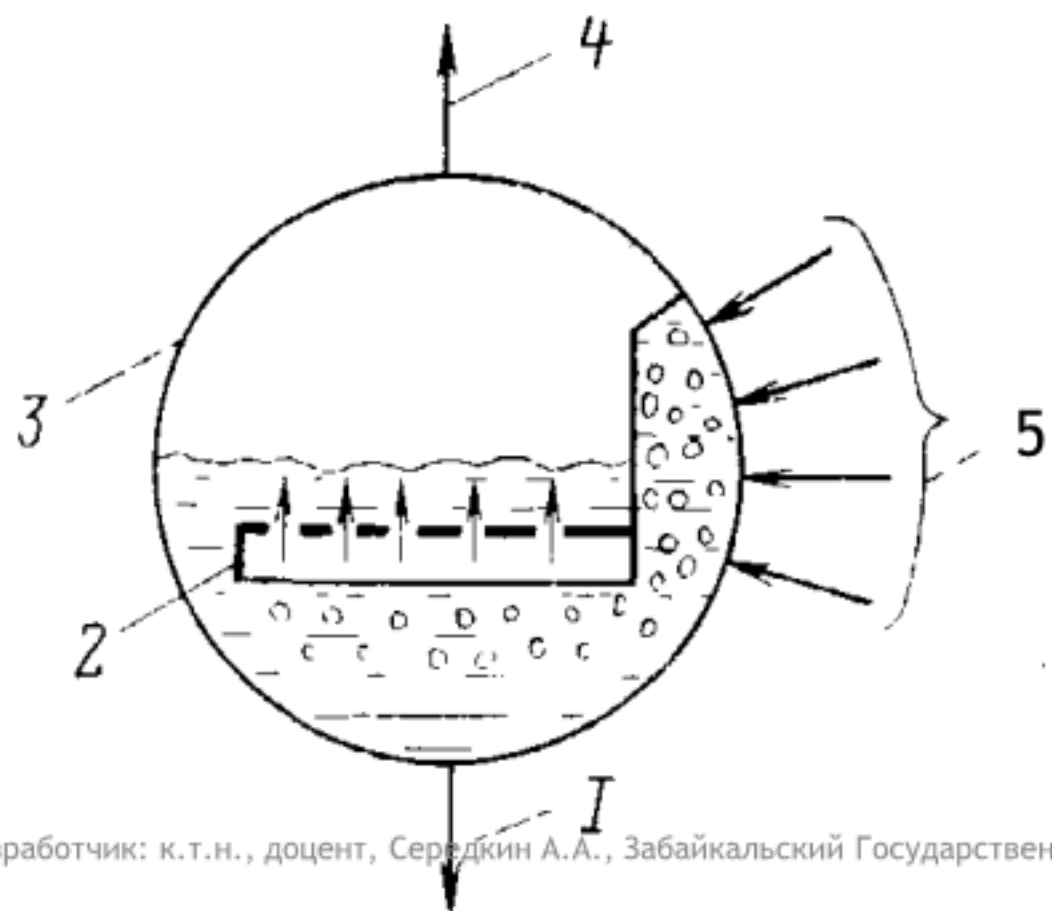
29. Закономерности барботажного процесса.

Движение рабочей среды в парообразующих трубах характеризуется совместным движением обеих структурных составляющих потока:

- $w_{II} > 0, w_B > 0$ – подъемное движение;
- $w_{II} > 0, w_B < 0$ – опрокидывание потока;
- $w_{II} < 0, w_B < 0$ – опускное движение.

В отличие от совместного движения, в котором движутся обе фазы, различают процессы, в которых перемещается только легкая фаза при средней нулевой скорости тяжелой фазы $w_{II} > 0, w_B = 0$. Такой процесс называют **барботажем** пара через жидкость.

Барботажа пара представляет собой специфическую форму движения двухфазной смеси, в которой пузырьки легкой фазы (пара) всплывают через толщу более тяжелой фазы (воду). Барботажное движение наблюдается в барабанах паровых котлов и парогенераторов при вводе пароводяной смеси под уровень, в барабанах-сепараторах канальных кипящих реакторов, в паропромывочных устройствах. Кроме того, оно может возникнуть при некоторых нарушениях гидродинамических режимов в парообразующих трубах: образовании свободного уровня и застое циркуляции.



Пример устройства барботажа пара через слой воды в барабане парового котла:

- 1 – опускные трубы;
- 2 – распределительный (дырчатый) щит;
- 3 – барабан;
- 4 – пароводящие трубы;
- 5 – пароводящие трубы.

Знание закономерностей барботажного процесса позволяет более рационально конструировать устройства, в которых осуществляется барботаж пара через воду. Слой пароводяной смеси, в котором происходит барботаж пара, называют **динамическим (подвижным) двухфазным слоем**. Обычно барботажный процесс организуется подачей пара под распределительный щит с отверстиями. Пройдя отверстия щита, паровая струя дробится на отдельные пузыри, всплывающие (барботирующие) через толщу воды к поверхности раздела фаз. По установившейся терминологии эту поверхность называют **зеркалом испарения**. В действительности же она очень далека от зеркально-гладкой и по существу представляет собой бурлящую поверхность обычно со значительными всплесками и глубокими впадинами от разрыва поверхности раздела, всплывающими к поверхности пузырьками пара.

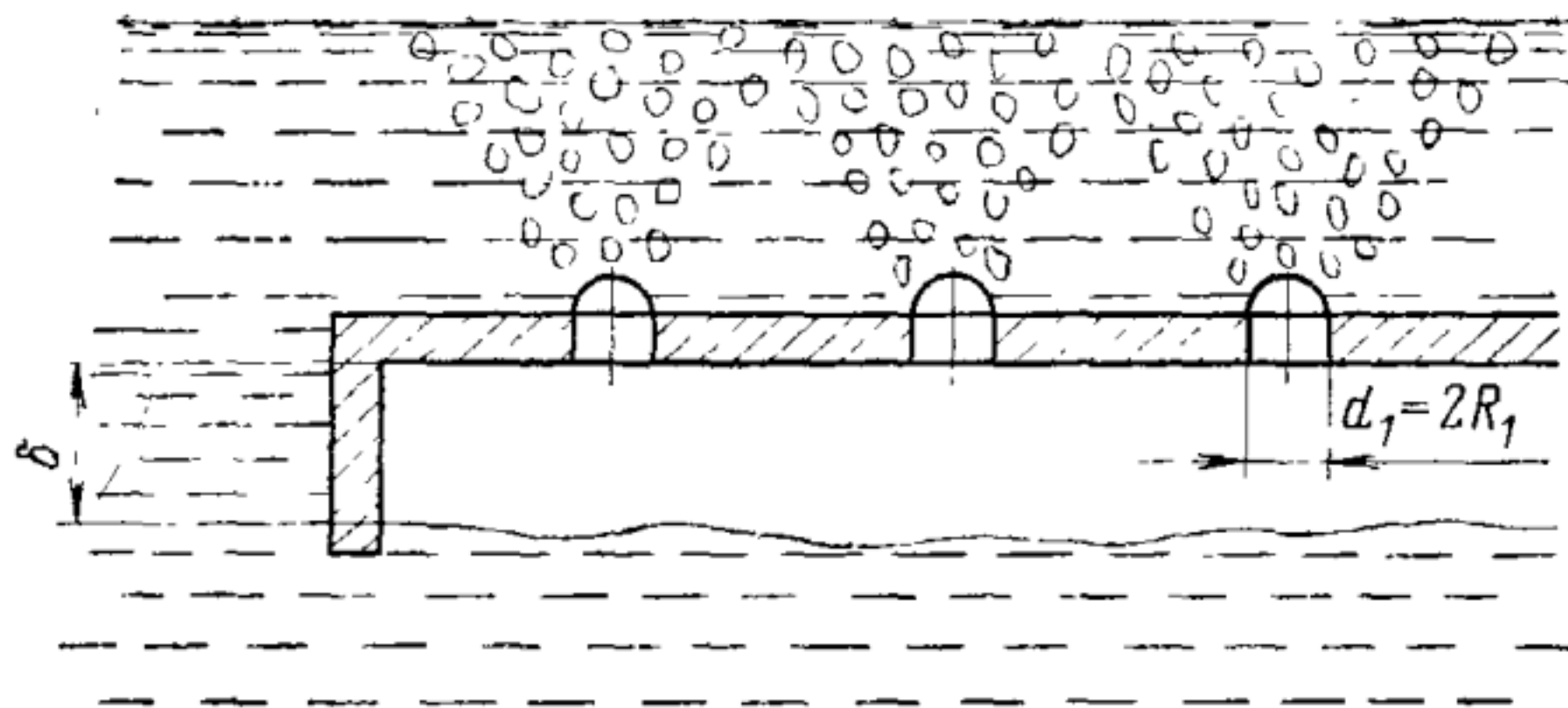
В процессе барботажа пузырьки пара увлекают за собой воду, создавая циркуляцию ее, которая у стенок или между цепочками пузырей опускается. В результате при барботаже устанавливается нулевой средний расход воды при положительном расходе пара. В целях равномерного распределения пара по сечению в водяном объеме устанавливается **распределительный щит**, гидравлическое сопротивление которого существенно превышает гидравлическое сопротивление свободного сечения и потому является определяющим в распределении пара. Поскольку отверстия в щите выполняются равномерно распределенными, то и пар по сечению тоже распределяется равномерно. В целях организации движения воды распределительный щит выполняется не на все сечение аппарата, а оставляя периферийный канал для опускного движения воды. Закрайны щита предотвращают неорганизованный прорыв пара мимо отверстий щита и при достаточном подводе пара облегчают формирование **паровой подушки** под **распределительным щитом**.

Нормальная работа распределительного щита возможна в случае образования под ним паровой подушки, при которой устанавливается непрерывное истечение пузырей через отверстия щита. В паровых котлах ТЭС и парогенераторах АЭС в целях предотвращения перекрытия шламом погруженные в воду парораспределительные щиты выполняют с диаметром отверстий 8 – 12 мм и более.

Образование устойчивой паровой подушки требует создание гидростатического напора, определяемого разностью масс столбов воды и пара на высоте, равной толщине паровой подушки δ :

$$\Delta p = \delta (\rho' - \rho'') g.$$

Этот напор затрачивается на преодоление гидравлического сопротивления в отверстиях и создание избыточного давления, необходимого для преодоления сопротивления и прорыва водяной пленки в момент выхода пара в водяной объем над щитом.



К анализу работы подтопленного распределительного щита

30. Загрязнения питательной воды и их влияние на работу оборудования.

В процессе работы ПТУ любого типа (КЭС, ТЭЦ, АЭС) рабочее тело загрязняется примесями. Количество и состав этих примесей определяется типом установки, составом конструкционных материалов и условиями ее эксплуатации. Основные источники загрязнений водного теплоносителя и их состав для электростанций характеризуется данными представленными в таблице.

Основные источники загрязнений водного теплоносителя	Состав основных загрязнений
Присосы; в конденсаторах	Соли (хлориды, сульфаты и бикарбонаты кальция, магния и натрия), коллоидные примеси (органические вещества, кремниевая кислота), взвешенные вещества и газы (O_2 , CO_2 , N_2)
в подогревателях питательной и сетевой воды	Соли (хлориды, сульфаты и бикарбонаты кальция, магния и натрия), кремниевая кислота и газы

Добавочная вода: обессоленная, ди- стиллят	Соединения нат- рия, продук- ты коррозии металлов	Газы O_2 (обес- соленная во- да), CO_2 (дис- тиллят)
Умягченная вода	Соединения натрия, кремниевая кислота, газы (состав газооб- разных примесей зависит от схемы водообработки)	
Продукты коррозии конструкционных ма- териалов	Окислы Fe, Cu, Cr, Ni, Zn, Co, Al и др.	
Продукты радиолиза и других процессов, протекающих под действием нейтрон- ного потока	Радиоактивные продукты корро- зии металлов Fe, Mn, Co, Al, Zr и др., газы N_2 , O_2 , Xe, Kr и др.	
Искусственно вводи- мые добавки	Соли фосфорной кислоты, амми- ак, гидразин, комплексоны	

Независимо от источника загрязнения примеси поступают в котловую воду или воду парогенератора и могут находиться в ней в растворенном и во взвешенном состояниях. При определенных условиях они могут выпадать на поверхностях нагрева, образуя отложения, ухудшающие теплопередачу и повышающие температуру стенки труб. Отложения наиболее опасны в зоне интенсивного обогрева топочных экранов и ТВЭЛОВ.

Примеси из воды частично переходят в пар и загрязняют его. Примеси пара могут давать отложения в пароперегревателях и проточной части паровой турбины. Недопустимы отложения в пароперегревателях, в которых даже при нормальных условиях выходные по пару участки змеевиков имеют предельную по условиям работы металла температуру. Даже небольшой слой отложений вызывает недопустимо высокую температуру металла, способствующую интенсификации ползучести и окалинообразования.

Разработаны методы, ограничивающие поступление примесей с присосом в конденсаторах и с добавочной водой. Значительно труднее борьба с поступлением продуктов коррозии конструкционных материалов, особенно при околокритическом и сверхкритическом давлениях. В зависимости от типа оборудования и водного баланса электростанции в эксплуатации допускают определенный состав и концентрацию примесей питательной воды:

- для прямоточных котлов сотые доли миллиграмма на килограмм;
- для барабанных – десятки миллиграммов на килограмм и более.