

Тепло-гидравлические процессы

- Тепло-гидравлические процессы определяются видом теплоносителя и параметрами рабочей среды и теплоносителя
- передача тепла от теплоносителя к стенке и от стенки к рабочему телу осуществляется конвективной теплоотдачей
- теплоотдача излучением имеет место при использовании CO_2 (но мала)
- Интенсивность конвективной теплоотдачи определяется: геометрией поверхности, физическими параметрами вещества, гидродинамикой потока

- Для однофазных потоков при любом обтекании поверхности – 3 режима течения с разными закономерностями теплообмена:
 - ламинарный ($Re < 2300$ – продольное, $Re < 1000$ – поперечное, $\alpha < 2000$)
 - переходный
 - турбулентный ($Re > 10^4$ – продольное, $Re > 10^5$ – поперечное, $\alpha > (10-30) \cdot 10^3$)
- Желательно использовать турбулентный режим течения, но на практике используют переходный

Тепло-гидравлические процессы

- Для двухфазных пароводяных потоков четкого представления о режимах течения нет (постоянное изменение плотности, влажности и распределение фаз по сечению потока)
- По характеру движения: вынужденное движение, естественная циркуляция, безнапорное движение (барботаж)
- По структуре потока (пузырьковый, дисперсный и т.д.)

- Нестационарные процессы в отдельных каналах или трубках при переходных режимах
- Пульсации расхода среды приводят к пульсациям температуры стенок
- В испарительных каналах –возможны межвитковые пульсации, которые приводят к неустойчивости границ перехода фазовых зон
- В испарительных и сепарационных устройствах имеет место безнапорное движение двухфазной среды – барботаж, которое отличается от напорного отсутствием расхода водяной фазы

Физико-химические процессы

- К ним относятся:
 - коррозия конструкционных материалов;
 - переход продуктов коррозии в теплоноситель и рабочее тело;
 - выпадение примесей на поверхность теплообмена;
 - унос примесей рабочим телом.
- Коррозия (в 1 и 2 контурах) усугубляется высокими температурами и ионизирующими излучениями. Наибольшей коррозионной активностью из всех теплоносителей обладает вода.
- Коррозия: общая и местная (язвенная, щелевая, межкристаллитная, под напряжением)
- Наибольшее количество примесей во втором контуре. Источники: присосы в конденсаторе, коррозия в системе регенерации, протечки в системе ХОВ
- При парообразовании происходит упаривание раствора и выпадение примесей, образование накипи
- Унос примесей с паром (механический и за счет растворимости)
- Меры борьбы с проявлениями ф/х процессов: деаэрация, продувка, обессоливание, поддержание ВХР

Влияние процессов на надежность и экономичность

- Надежность и экономичность – основные показатели т/э совершенства АЭС
- Часто стремление повысить надежность ведет к снижению экономичности
- В 1 контуре основные мероприятия – на надежность, во 2 – на экономичность (ПГ в равное мере к обоим контурам)
- Надежность - способность оборудования работать безаварийно во всех расчетных режимах в течение длительного периода времени
- Возможные аварии для ПГ: пережог трубок, разрыв трубок и коллекторов, нарушение герметичности
- Для каждого материала - своя допустимая т-ра стенки, при превышении которой начинают резко уменьшаться предел прочности и предел текучести:
 - для углеродистой стали – 460-480°C
 - для перлитной стали – 550 – 560°C
 - для аустенитной стали – 640 – 650°C

Влияние процессов на надежность и экономичность

- Температурный режим поверхностей нагрева определяется факторами конструкционного и режимно-эксплуатационного характера
- конструкционный фактор – выбор поверхностной плотности теплового потока $q=Q/F$ [Вт/м²] Для \square кап. затрат выгодно $\square q$ (тем меньше F). Но при этом \square запас прочности, т.к. снижается $\Delta t = t_{\text{доп}} - t_{\text{ст}}$.
- Для низкотемпературных т/носителей всегда $t'_1 < t_{\text{доп}}$, для всех сталей
- Для высокотемпературных – в испарителях и ПП возможно $t_1 > t_{\text{доп}}$
- Для испарителей учитывается предельная плотность теплового потока $q_{\text{кр}}$, при которой происходит переход пузырькового кипения в пленочное. В ПГ АЭС это условие ($q < q_{\text{кр}}$) соблюдается всегда
- В прямоточных ПГ в зоне высоких значений X наблюдается ухудшение теплоотдачи и запас до допустимой $t_{\text{ст}}$ увеличивают
- Режимно-эксплуатационные факторы:
 - при эксплуатации нельзя допускать режимы, при которых нарушается нормальный процесс отвода тепла:
 - нарушение циркуляции,
 - снижение расхода рабочего тела,
 - интенсивное образование накипи,
 - пульсации расходов, которые ведут к пульсациям температур и знакопеременным температурным напряжениям. Опасность пульсаций определяется частотой и амплитудой.

Влияние процессов на надежность и экономичность

- Снижение надежности может быть вызвано и гидродинамическими причинами:
 - вибрационные колебания,
 - эрозионные процессы;
- а также физико-химическими:
 - коррозия (прямое разрушение поверхностей т/о),
 - отложения примесей (рост терм. сопротивления ведет к росту $t_{\text{стенки}}$ вплоть до $t_{\text{доп}}$)

■ **Экономичность**

- Основной показатель экономичности – КПД – от процессов практически не зависит, т.к. единственная потеря тепла в ПГ – в окружающую среду
- Но капитальные и эксплуатационные затраты относятся к т/эк. показателям и значительно определяются процессами:
 - $F_{\text{пто}}$ – зависит от интенсивности т/обмена,
 - рост интенсивности ведет к необходимости роста затрат на перекачку,
 - опасность коррозии – применение дорогих нержавеющей материалов,
 - отложения примесей:
 - снижают $Q_{\text{пг}}$, что ведет к снижению параметров и уменьшению КПД;
 - необходимость проведения отмывок и доп. остановов оборудования