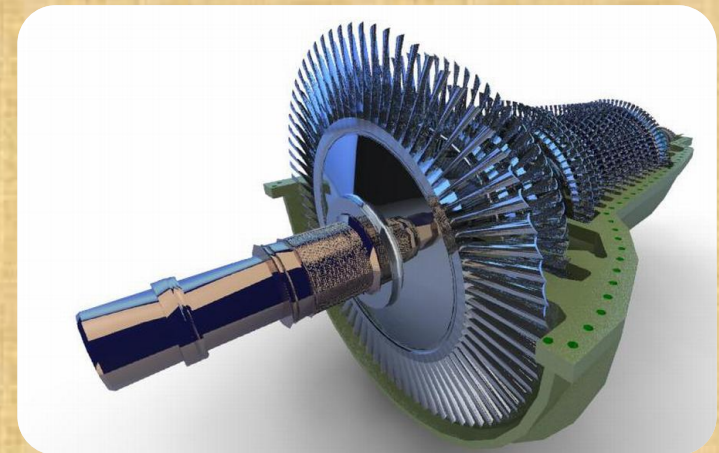


# **ТУРБИНА, ПЕРВИЧНЫЙ ДВИГАТЕЛЬ С ВРАЩАТЕЛЬНЫМ ДВИЖЕНИЕМ РАБОЧЕГО ОРГАНА**

**ДЛЯ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ КИНЕТИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ПОТОКА ЖИДКОГО ИЛИ ГАЗООБРАЗНОГО РАБОЧЕГО ТЕЛА В МЕХАНИЧЕСКУЮ ЭНЕРГИЮ НА ВАЛУ.**

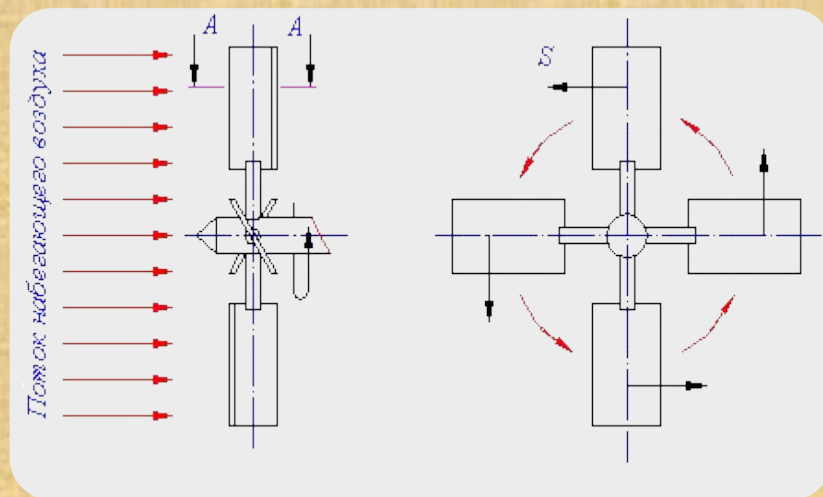
**ТУРБИНА СОСТОИТ ИЗ РОТОРА С ЛОПАТКАМИ (ОБЛОПАЧЕННОГО РАБОЧЕГО КОЛЕСА) И КОРПУСА С ПАТРУБКАМИ. ПАТРУБКИ ПОДВОДЯТ И ОТВОДЯТ ПОТОК РАБОЧЕГО ТЕЛА. ТУРБИНЫ, В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ИСПОЛЬЗУЕМОГО РАБОЧЕГО ТЕЛА, БЫВАЮТ ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ, ПАРОВЫЕ И ГАЗОВЫЕ. В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СРЕДНЕГО НАПРАВЛЕНИЯ ПОТОКА ЧЕРЕЗ ТУРБИНУ ОНИ ДЕЛЯТСЯ НА ОСЕВЫЕ, В КОТОРЫХ ПОТОК ПАРАЛЛЕЛЕН ОСИ ТУРБИНЫ, И РАДИАЛЬНЫЕ, В КОТОРЫХ ПОТОК НАПРАВЛЕН ОТ ПЕРИФЕРИИ К ЦЕНТРУ. ТУРБИНА ЯВЛЯЕТСЯ, ПОЖАЛУИ, САМЫМ СЛОЖНЫМ АГРЕГАТОМ,**

**РОТОРА В СОСТАВЕ АЭС.**



**ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ ЛЮБОЙ ТУРБИНЫ СХОЖ С ПРИНЦИПОМ ДЕЙСТВИЯ ВЕТРЯНОЙ МЕЛЬНИЦЫ. В ВЕТРЯНЫХ МЕЛЬНИЦАХ ВОЗДУШНЫЙ ПОТОК ВРАЩАЕТ ЛОПАСТИ И СОВЕРШАЕТ РАБОТУ. В ТУРБИНЕ ПАР ВРАЩАЕТ ЛОПАТКИ РАСПЛОЖЕННЫЕ ПО КРУГУ НА РОТОРЕ.**

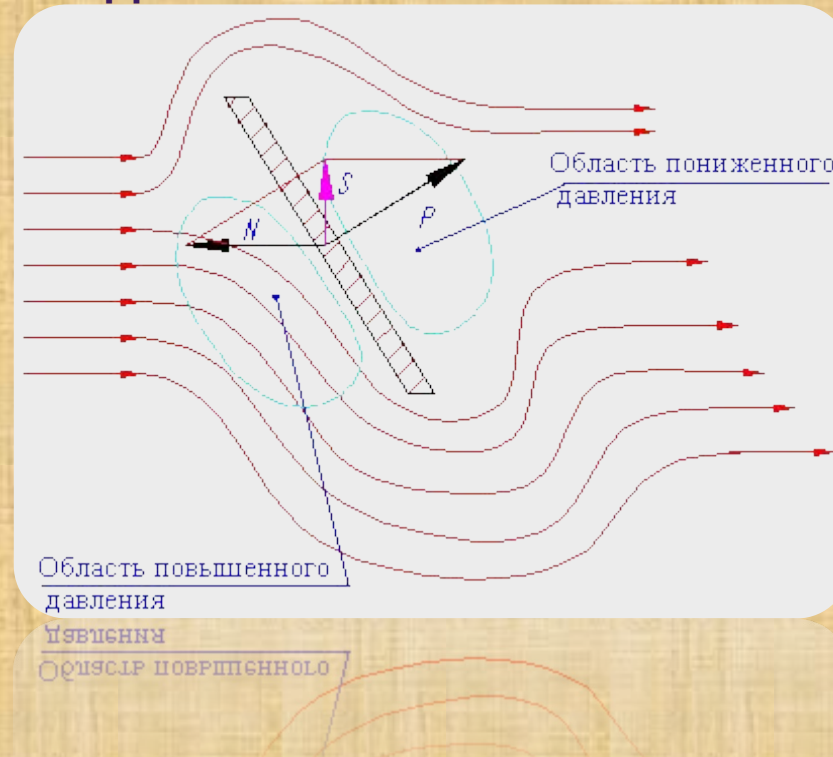
**РОТОР ТУРБИНЫ ЖЕСТКО СВЯЗАН С РОТОРОМ ГЕНЕРАТОРА, КОТОРЫЙ ВЫРАБАТЫВАЕТ ТОК.**



**Рисунок 1. Схема работы ветряной мельницы**

**РОТОР ПРЕДСТАВЛЯЕТ СОБОЙ ВРАЩАЮЩИЙСЯ ВАЛ С ЖЕСТКОЗАКРЕПЛЕННЫМИ НА НЕМ ЛОПАТКАМИ. РОТОР КАК ПРАВИЛО, СВЯЗАН С КАКИМ ЛИБО МЕХАНИЗМОМ, КОТОРЫЙ СОВЕРШАЕТ ПОЛЕЗНУЮ РАБОТУ ПРИ ЕГО (РОТОРА) ВРАЩЕНИИ. РАБОЧИМ ТЕЛОМ В МЕЛЬНИЦЕ УСЛОВНО МОЖНО СЧИТАТЬ ПОТОК ВОЗДУХА.**

**НАБЕГАЮЩИЙ ПОТОК ВОЗДУХА ДВИЖЕТСЯ ПО НАПРАВЛЕНИЮ ОСИ ВРАЩЕНИЯ РОТОРА. ЛОПАТКИ ЗАКРЕПЛЕНЫ ТАКИМ ОБРАЗОМ, ЧТО ИХ ПЛОСКОСТЬ ПОВЕРНУТА ОТНОСИТЕЛЬНО НА НЕКОТОРЫЙ УГОЛ, ЭТОТ УГОЛ В АЭРОДИНАМИКЕ НАЗЫВАЮТ УГЛОМ АТАКИ.**



**Рисунок 2. Схема работы ветряной мельницы (разрез А-А рис. 1)**



ЛОПАТКА СТОИТ НА ПУТИ ДВИЖЕНИЯ ВОЗДУХА, КОГДА ПОТОК СТАЛКИВАЕТСЯ С ЛОПАТКОЙ, ОН ТОРМОЗИТСЯ И ИЗМЕНЯЕТ НАПРАВЛЕНИЕ ДВИЖЕНИЯ, ОБТЕКАЯ ЛОПАТКУ, КАК ПОКАЗАНО НА (РИСУНКЕ 2). ПРИ ЭТОМ НЕИЗБЕЖНО ОКОЛО ПЕРЕДНЕЙ ПОВЕРХНОСТИ ЛОПАТКИ ВОЗНИКАЕТ ОБЛАСТЬ С ПОВЫШЕННЫМ ДАВЛЕНИЕМ ВОЗДУХА, А ОКОЛО ЗАДНЕЙ ПОВЕРХНОСТИ ВОЗНИКАЕТ ОБЛАСТЬ С ПОНИЖЕННЫМ ДАВЛЕНИЕМ. ВЕЛИЧИНА РАЗНИЦЫ ДАВЛЕНИЙ  $p_p$  ЗАВИСИТ ОТ МНОГИХ ПАРАМЕТРОВ, НАПРИМЕР СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ВОЗДУХА, УГЛА АТАКИ, ФОРМЫ ПОВЕРХНОСТИ.

ИЗ-ЗА РАЗНОСТИ ДАВЛЕНИЙ НА ПОВЕРХНОСТЯХ НА ЛОПАТКУ НАЧИНАЕТ ДЕЙСТВОВАТЬ СИЛА  $p$ , НАПРАВЛЕННАЯ ПО НОРМАЛИ К ЕЕ ПЛОСКОСТИ. ПОСКОЛЬКУ ЛОПАТКА ЖЕСТКО ЗАКРЕПЛЕНА НА РОТОРЕ И НЕ МОЖЕТ СОВЕРШАТЬ ОСЕВЫЕ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ НА НЕЕ ДЕЙСТВУЕТ СИЛА РЕАКЦИИ  $n$ , НАПРАВЛЕННАЯ ПО ОСИ РОТОРА В СТОРОНУ ПРОТИВОПОЛОЖНУЮ ДВИЖЕНИЮ ПОТОКА. СУММАРНОЙ СИЛОЙ ПРИ СЛОЖЕНИИ ЭТИХ ДВУХ СИЛ ЯВЛЯЕТСЯ СИЛА  $s$  НАПРАВЛЕННАЯ ПЕРПЕНДИКУЛЯРНО ОСИ РОТОРА. ПОСКОЛЬКУ ЭТО СИЛА ПРИЛОЖЕНА К ЛОПАТКЕ, ТО ВОЗНИКАЕТ КРУТЯЩИЙ МОМЕНТ,

**СВЯЗАННЫЙ С РОТОРОМ МЕХАНИЗМ ВЫПОЛНЯЕТ ПОЛЕЗНУЮ РАБОТУ. В СЛУЧАЕ ВЕТРЯНОЙ МЕЛЬНИЦЫ ПЕРЕПАД ДАВЛЕНИЯ НА ЛОПАТКЕ НЕ БОЛЬШОЙ И ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ СИЛЫ  $P$  УВЕЛИЧИВАЮТ ПЛОЩАДЬ, ПОСКОЛЬКУ СИЛА**

$$P = dP \times A, (1)$$

**ГДЕ:**

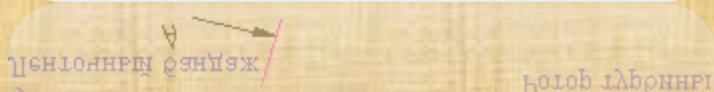
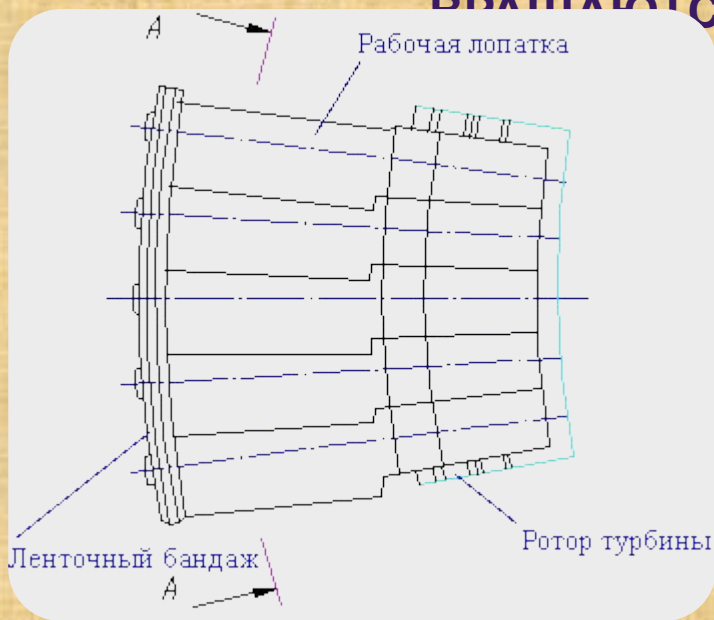
**$dP$  – СРЕДНЕЙ ПЕРЕПАД  
ДАВЛЕНИЯ;**

**$A$  – ПЛОЩАДЬ ЛОПАТКИ.**

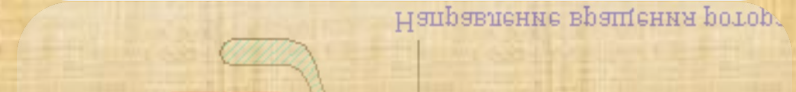
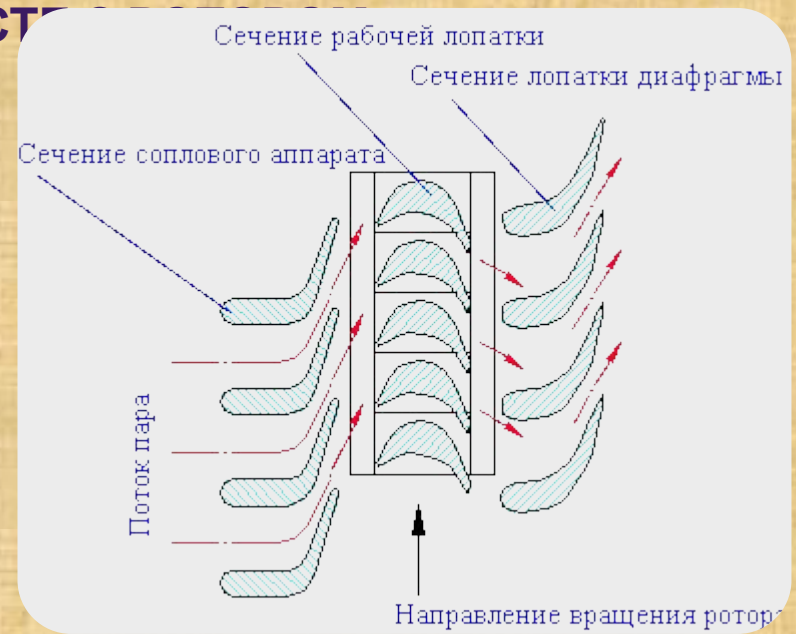
**ДРУГИМ СПОСОБОМ УВЕЛИЧИТЬ СИЛУ  $P$ ,  
 $A$  ЗНАЧИТ И ПОЛЕЗНУЮ РАБОТУ ВСЕЙ  
УСТАНОВКИ, ЭТО УВЕЛИЧИТЬ ПЕРЕПАД  
ДАВЛЕНИЯ  $dP$ .**

**В ТУРБИНЕ, ГДЕ СРЕДОЙ ВРАЩАЮЩЕЙ ЛОПАТКИ С  
РОТОРОМ, ЯВЛЯЕТСЯ ПАР ПРИ ДАВЛЕНИИ ОКОЛО 60  
АТМОСФЕР НА ВХОДЕ И 0.04 АТМОСФЕРЫ НА ВЫХОДЕ,  
ПЕРЕПАД НАСТОЛЬКО БОЛЬШОЙ, ЧТО ДЛЯ  
УВЕЛИЧЕНИЯ ОБЩЕЙ МОЩНОСТИ ИСПОЛЬЗУЮТ НЕ  
ОДИН РЯД ЛОПАТОК А НЕСКОЛЬКО РАСПОЛОЖЕННЫХ  
ДРУГ ЗА ДРУГОМ, НА ОДНОМ РОТОРЕ.**

ОДИН КРУГОВОЙ РЯД ЛОПАТОК НАЗЫВАЕТСЯ СТУПЕНЬ РАСШИРЕНИЯ (ИЛИ СТУПЕНЬ ДАВЛЕНИЯ). КОГДА ГОВОРЯТ О ТОМ, ЧТО ТУРБИНА ИМЕЕТ ПЯТЬ СТУПЕНЕЙ ДАВЛЕНИЯ ЭТО ЗНАЧИТ ЧТО, НА РОТОРЕ ДАННОЙ ТУРБИНЫ НАХОДЯТСЯ ПЯТЬ КРУГОВЫХ РЯДОВ ЛОПАТОК, ЧЕРЕЗ КОТОРЫЕ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНО ПРОХОДИТ РАБОЧИЕ ТЕЛО. ЛОПАТКИ КОТОРЫЕ ЗАКРЕПЛЕНЫ НА РОТОРЕ И ПЕРЕДАЮТ ВРАЩАЮЩИЙ МОМЕНТ, НАЗЫВАЮТСЯ РАБОЧИМИ ЛОПАТКАМИ ОНИ ВРАЩАЮТСЯ ВМЕСТЕ С РОТОРОМ.



**Рисунок 3. Рабочие лопатки турбины**



**Рисунок 4. Сечение рабочих лопаток, сопловых аппарата и лопаток диафрагмы (разрез А-А рис. 3)**



**ПУТЕМ ДЛИТЕЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И СЛОЖНЫХ РАСЧЕТОВ  
БЫЛА ОПРЕДЕЛЕНА ОПТИМАЛЬНАЯ ФОРМА РАБОЧЕЙ  
ЛОПАТКИ ДЛЯ МАКСИМАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ  
РАСШИРЯЮЩЕГОСЯ ПАРА ИЛИ МАКСИМАЛЬНОГО КПД. НА  
РИСУНКЕ 4 ПРЕДСТАВЛЕНО СЕЧЕНИЕ ЛОПАТКИ, ЦИЛИНДРА  
ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ. ДЛЯ ДАЛЬНЕЙШЕГО ПОВЫШЕНИЯ  
КПД, НА ПУТИ ПАРА ПЕРЕД ЛОПАТКОЙ УСТАНАВЛИВАЮТ  
СОПЛОВОЙ АППАРАТ, КОТОРЫЙ ИЗМЕНЯЕТ НАПРАВЛЕНИЕ  
ДВИЖЕНИЯ И СКОРОСТЬ ПОТОКА ТАК, ЧТОБЫ РАБОТА  
РАСШИРЯЮЩЕГОСЯ ПАРА БЫЛА МАКСИМАЛЬНОЙ.  
СОПЛОВОЙ АППАРАТ ПРЕДСТАВЛЯЕТ СОБОЙ КРУГОВОЙ РЯД  
НЕПОДВИЖНЫХ ЛОПАТОК, ПРОХОДЯ КОТОРЫЕ ПОТОК ПАРА  
ПОВОРАЧИВАЕТСЯ. ПОСЛЕ ОБТЕКАНИЯ РАБОЧЕЙ ЛОПАТКИ  
НАПРАВЛЕНИЕ ДВИЖЕНИЯ ПОТОКА ИЗМЕНЯЕТСЯ. ПОСКОЛЬКУ  
ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КПД НЕОБХОДИМО ОПРЕДЕЛЕННОЕ  
НАПРАВЛЕНИЕ ДВИЖЕНИЯ НА ВХОДЕ В СТУПЕНЬ, МЕЖДУ  
ЛОПАТКАМИ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫХ СТУПЕНЕЙ  
УСТАНАВЛИВАЮТ ДИАФРАГМЫ, КОТОРЫЕ ПОДОБНО  
СОПЛОВОМУ АППАРАТУ НА ВХОДЕ ИЗМЕНЯЮТ НАПРАВЛЕНИЯ  
ДВИЖЕНИЯ ПОТОКА ПАРА.**

**ПОДАВЛЯЮЩЕЕ БОЛЬШИНСТВО АЭС С ВОДНЫМ ТЕПЛОНОСИТЕЛЕМ ИМЕЕТ ТУРБИНЫ НА НАСЫЩЕННОМ ПАРЕ. ОСНОВНЫЕ КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ТАКИХ УСТАНОВОК СВЯЗАНЫ С ИХ ОТНОСИТЕЛЬНО НИЗКОЙ ЭКОНОМИЧНОСТЬЮ (БОЛЬШИЕ РАСХОДЫ ПАРА) И НАРАСТАЮЩЕЙ ВЛАЖНОСТЬЮ ПО СТУПЕНЯМ (ОРГАНИЗАЦИЯ СЕПАРАЦИИ МЕЖДУ ЦИЛИНДРАМИ).**

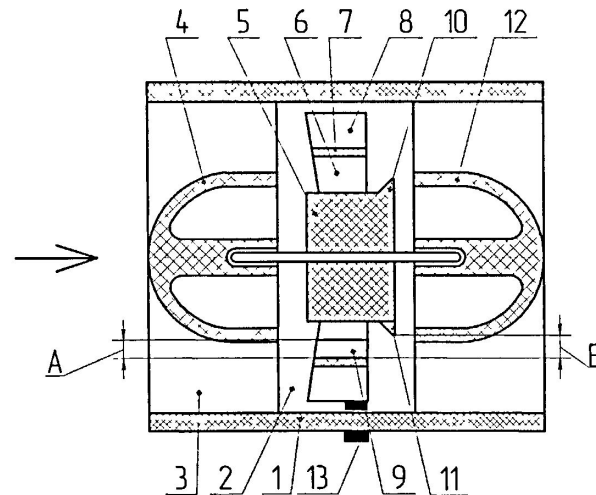




**В ЛЮБЫХ ПАРОВЫХ ТУРБИНАХ ПРИХОДИТСЯ ИМЕТЬ ДЕЛО С РАБОТОЙ НА ВЛАЖНОМ ПАРЕ. ЕСЛИ ДЛЯ ТУРБИН НА ПЕРЕГРЕТОМ ПАРЕ ЭТО ОТНОСИТСЯ ТОЛЬКО К ПОСЛЕДНИМ СТУПЕНЯМ, ТО ДЛЯ МАШИН НА НАСЫЩЕННОМ ПАРЕ БОЛЬШАЯ ЧАСТЬ СТУПЕНЕЙ, (А В ОТСУТСТВИЕ ПРОМЕЖУТОЧНОГО ПЕРЕГРЕВА – ВСЕ СТУПЕНИ ТУРБИНЫ) РАБОТАЮТ НА ВЛАЖНОМ ПАРЕ. ВЛИЯНИЕ ВЛАЖНОСТИ ПАРА СКАЗЫВАЕТСЯ НА ТЕПЛОВОЙ ЭКОНОМИЧНОСТИ УСТАНОВКИ, ТАК КАК ВНУТРЕННИЙ ОТНОСИТЕЛЬНЫЙ К.П.Д. ТУРБИНЫ УМЕНЬШАЕТСЯ ПРИ РАБОТЕ НА ВЛАЖНОМ ПАРЕ. ЕСЛИ ДЛЯ ГРУППЫ СТУПЕНЕЙ НА ПЕРЕГРЕТОМ ПАРЕ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ОБЪЕМНОГО РАСХОДА И ОТНОШЕНИЯ ДАВЛЕНИЙ НА ВХОДЕ И ВЫХОДЕ К.П.Д. = 89–90%, ТО ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ВЛАЖНОГО ПАРА ОН ТЕМ МЕНЬШЕ, ЧЕМ БОЛЬШЕ ВЛАЖНОСТЬ. ПРИБЛИЖЕННО МОЖНО СЧИТАТЬ, ЧТО УВЕЛИЧЕНИЕ СРЕДНЕЙ ВЛАЖНОСТИ ПАРА НА 1% ПРИВОДИТ К УМЕНЬШЕНИЮ ВНУТРЕННЕГО ОТНОСИТЕЛЬНОГО К.П.Д. ТУР**



**ВЛАЖНОСТЬ ПАРА ОТРИЦАТЕЛЬНО ВЛИЯЕТ НА РАБОТУ ТУРБИНЫ, ВЫЗЫВАЯ ЭРОЗИЮ ЕЕ ЛОПАТОК. СУЩЕСТВУЮТ РАЗНЫЕ МЕТОДЫ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ЭТОГО. ОДИН ИЗ МЕТОДОВ – ОТВОД ВЛАГИ ИЗ ПРОТОЧНОЙ ЧАСТИ ТУРБИНЫ ПРИ ПОМОЩИ РАЗЛИЧНЫХ СЕПАРАЦИОННЫХ УСТРОЙСТВ. К ЭТИМ УСТРОЙСТВАМ ОТНОСЯТСЯ ПРЕЖДЕ ВСЕГО ВНЕШНИЕ ТУРБИННЫЕ СЕПАРАТОРЫ, УСТАНОВЛИВАЕМЫЕ МЕЖДУ КОРПУСАМИ ТУРБИНЫ.**



A – высота лопастей 9 закреплённых на внутренней стороне кольцевого тела обтекания 7.

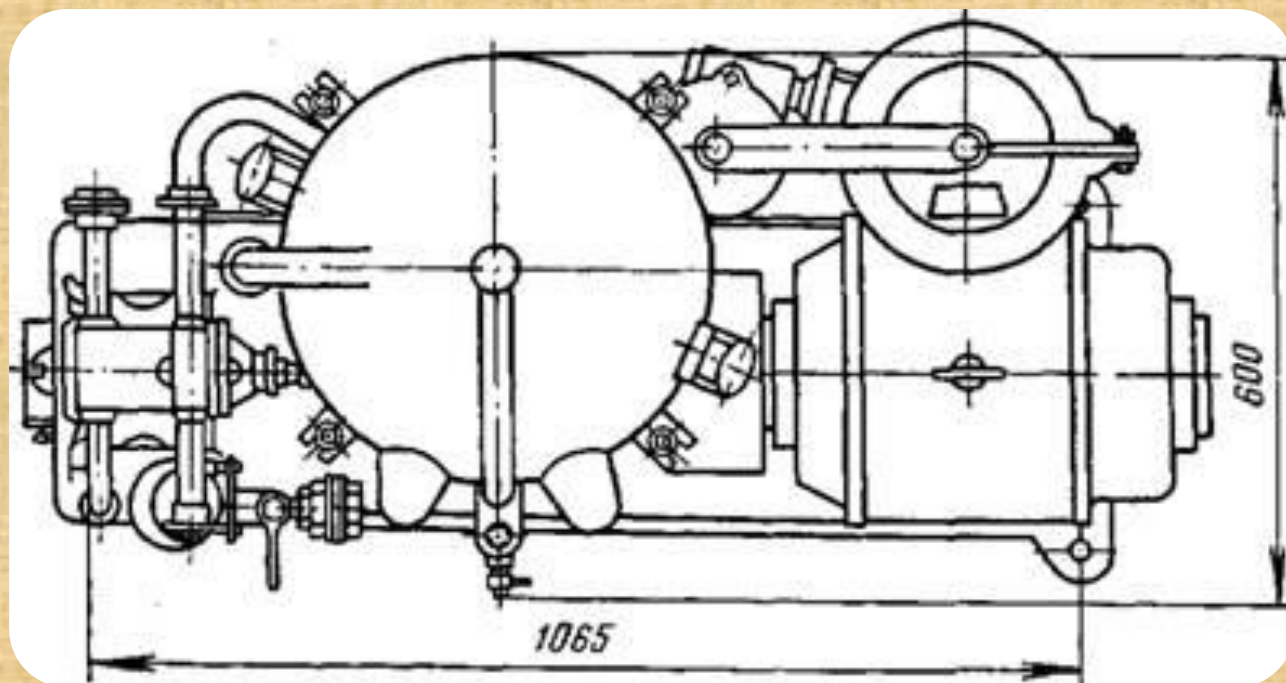
B – расстояние между кольцевым телом обтекания 7 и кольцевым буртиком 10.

кольцевым буртиком 10.

B – расстояние между корпусами турбины и корпусом обтекания 7 и корпусным телом обтекания 7.



**КОНСТРУКЦИИ ВНУТРИ ТУРБИНЫХ СЕПАРАЦИОННЫХ УСТРОЙСТВ РАЗЛИЧНЫ. ЗНАЧИТЕЛЬНАЯ ЧАСТЬ ВЛАГИ ОТБРАСЫВАЕТСЯ К КОРПУСУ ПО ПОВЕРХНОСТИ ЛОПАТОК РАБОЧЕГО КОЛЕСА, ПОЭТОМУ ТАКИЕ СЕПАРАЦИОННЫЕ УСТРОЙСТВА ЦЕЛЕСООБРАЗНЕЙ РАСПОЛАГАТЬ НЕПОСРЕДСТВЕННО ЗА РАБОЧИМ КОЛЕСОМ, ТОГДА ОТВЕДЕННЫЙ КОНДЕНСАТ УЖЕ НЕ БУДЕТ ОКАЗЫВАТЬ ВРЕДНОГО ВЛИЯНИЯ НА РАБОТУ ПОСЛЕДУЮЩИХ СТУПЕНЕЙ ТУРБИНЫ.**

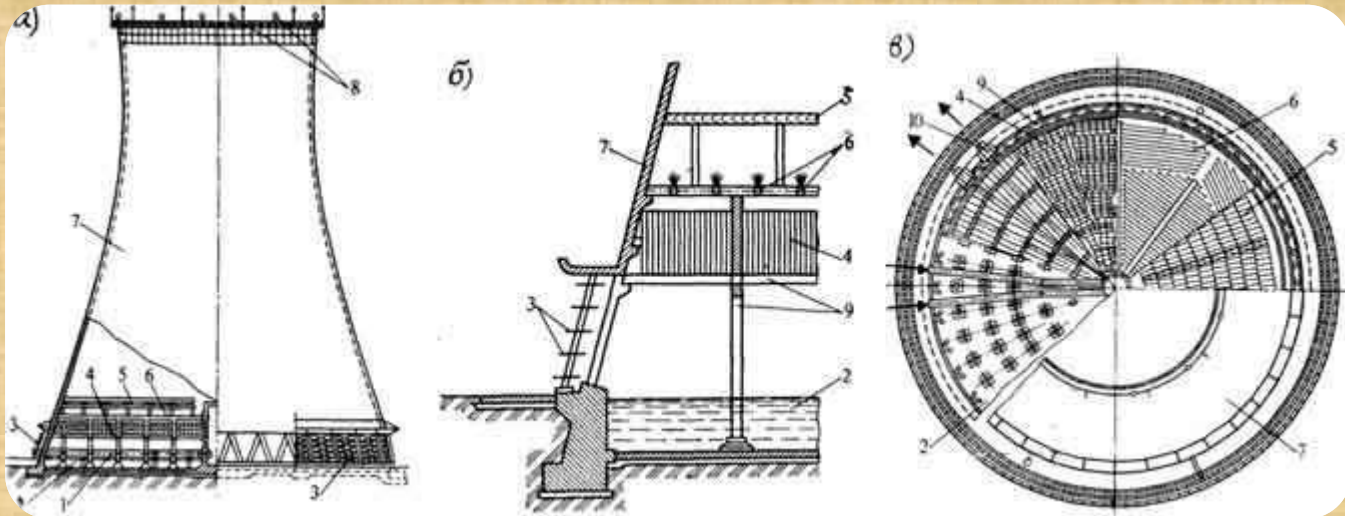


1065

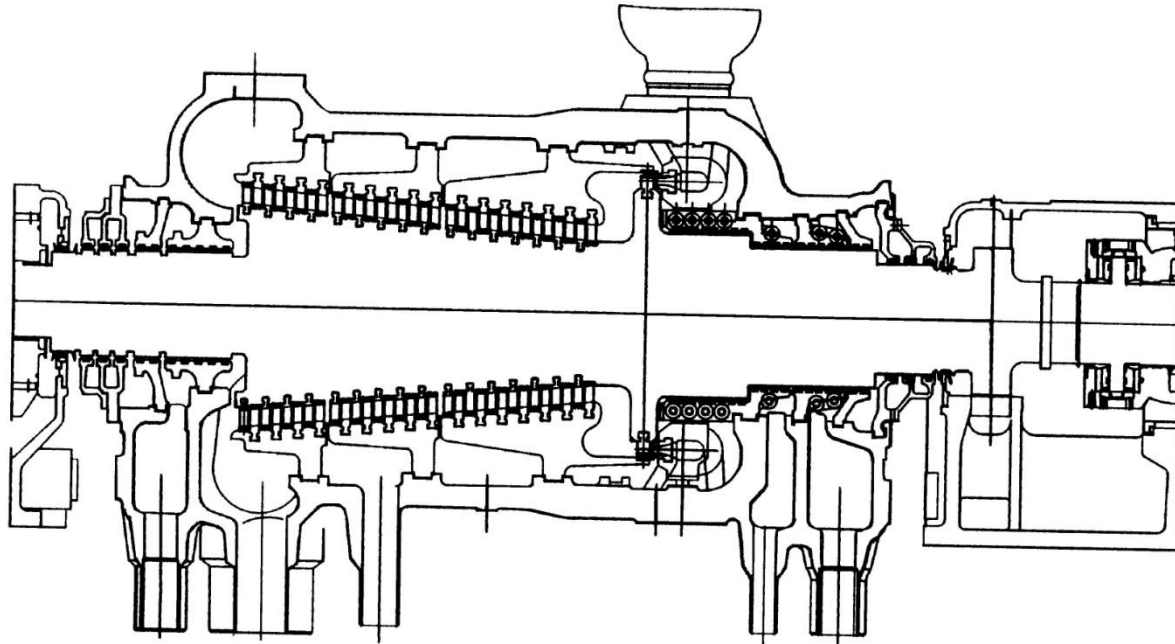
600



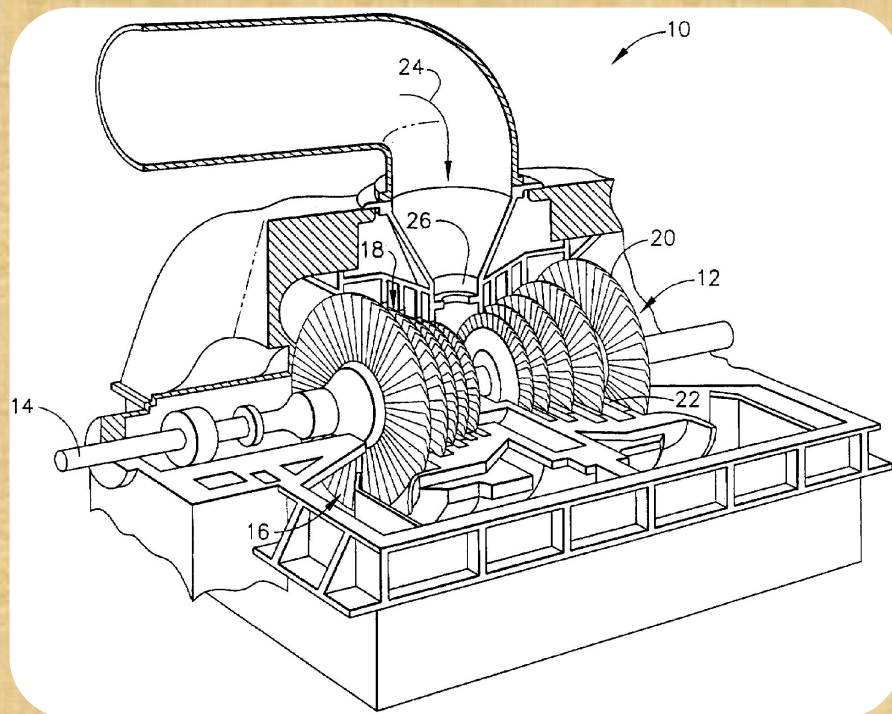
**ЕСЛИ В ПОТОКЕ ПАРА, ПОСТУПАЮЩЕМ ИЗ ПРЕДЫДУЩЕЙ СТУПЕНИ, СОДЕРЖИТСЯ ЗНАЧИТЕЛЬНОЕ КОЛИЧЕСТВО КОНДЕНСАТА, ТО МОЖНО ОТВОДИТЬ ВЛАГУ И ПРИ ПОМОЩИ ВЛАГОУЛАВЛИВАЮЩЕГО УСТРОЙСТВА, РАСПОЛОЖЕННОГО ЗА СОПЛОВЫМ АППАРАТОМ. ДЛЯ УДАЛЕНИЯ ВЛАГИ ИЗ ВЛАГОУЛАВЛИВАЮЩЕЙ КАМЕРЫ ОТСАСЫВАЕТСЯ ПАР, КОТОРЫЙ НАПРАВЛЯЕТСЯ ЗАТЕМ В РЕГЕНЕРАТИВНУЮ СИСТЕМУ**



**ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВЛАГОУДАЛЕНИЯ ВОЗРАСТАЕТ С УВЕЛИЧЕНИЕМ  
ОТСОСА, НО ПРИ ВЛАЖНОСТЯХ МЕНЕЕ 5% ОНА НЕВЕЛИКА. ПОЭТОМУ,  
ХОТЯ ТЕОРЕТИЧЕСКИ БЫЛО БЫ ЦЕЛЕСООБРАЗНО ОТВОДИТЬ ВЛАГУ  
ПОСЛЕ КАЖДОЙ СТУПЕНИ, ВЛАГОУЛАВЛИВАЮЩИЕ УСТРОЙСТВА  
РАСПОЛАГАЮТ НЕ ЗА ВСЕМИ СТУПЕНЯМИ. В РЯДЕ УСТАНОВОК,  
НЕСМОТРИ НА НАЛИЧИЕ ТАКИХ УСТРОЙСТВ, ИХ НЕ ИСПОЛЬЗУЮТ И  
ПРЕДПОЧИТАЮТ ОГРАНИЧИВАТЬСЯ ТОЛЬКО ВНЕШНЕЙ СЕПАРАЦИЕЙ  
МЕЖДУ КОРПУСАМИ ТУРБИН**



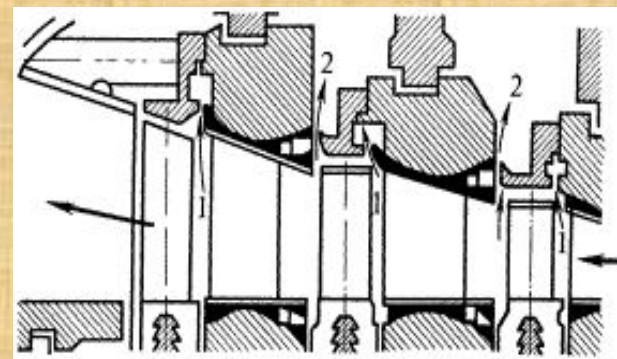
**ТАК КАК ЭРОЗИОННЫЕ РАЗРУШЕНИЯ ЛОПАТОК ПАРОВЫХ ТУРБИН НАЧИНАЮТСЯ С ИХ ПОВЕРХНОСТИ, ТО ПРИМЕНЯЮТ РАЗЛИЧНЫЕ СПОСОБЫ БОРЬБЫ С ЭРОЗИЕЙ ПУТЕМ УПРОЧНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТИ ЛОПАТОК – ХРОМИРОВАНИЕ, МЕСТНУЮ ЗАКАЛКУ ИХ КРОМОК, НАГАРТОВАНИЕ, УПРОЧНЕНИЕ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ЭЛЕКТРОИСКРОВЫМ СПОСОБОМ И ДР. НА ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ЗАВОДАХ НАИБОЛЕЕ РАСПРОСТРАНЕН ПОСЛЕДНИЙ СПОСОБ. В КАЧЕСТВЕ УПРОЧНЯЮЩЕГО СПЛАВА ХОРОШО ЗАРЕКОМЕНДОВАЛ СЕБЯ СТЕЛЛИТ**





**В СОВРЕМЕННЫХ ТУРБИНАХ НА НАСЫЩЕННОМ ПАРЕ УПРОЧНЕНИЕ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ОБЯЗАТЕЛЬНО, ОСОБЕННО ДЛЯ ПОСЛЕДНИХ СТУПЕНЕЙ, У КОТОРЫХ ЭРОЗИОННЫЙ ИЗНОС БОЛЬШЕ В СВЯЗИ СО ЗНАЧИТЕЛЬНЫМИ ОКРУЖНЫМИ СКОРОСТЯМИ. ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЗАЩИТНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ В РЕШАЮЩЕЙ МЕРЕ ЗАВИСИТ ОТ КАЧЕСТВА ИХ ВЫПОЛНЕНИЯ, ПРИЧЕМ ПРИ ПЛОХОЙ ЗАЩИТЕ ЭРОЗИЯ ИДЕТ В ЕЩЕ БОЛЬШЕЙ МЕРЕ, ЧЕМ В ОТСУТСТВИЕ ЗАЩИТЫ. В ПОСЛЕДНИЕ ГОДЫ СТАЛИ ИЗГОТОВЛЯТЬ ЛОПАТКИ ДЛЯ ВЛАЖНОГО ПАРА ИЗ КОРРОЗИОННО-СТОЙКИХ МАТЕРИАЛОВ.**

**НА РИСУНКЕ 5 ПРЕДСТАВЛЕНА ПРОТОЧНАЯ ЧАСТЬ ЦИЛИНДРА ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ (ЦВД) ТУРБИНЫ К-500–65/3000 С ПО СТУПЕНЧАТОЙ СЕПАРАЦИЕЙ, ПРЕДСТАВЛЯЮЩЕЙ СОБОЙ СИСТЕМУ ЛОВУШЕК ДЛЯ ВЛАГИ, СРЫВАЮЩЕЙСЯ С РАБОЧИХ И НАПРАВЛЯЮЩИХ ЛОПАТОК. НА РАБОЧИХ ЛОПАТКАХ С МАЛЫМИ УГЛАМИ ВХОДА (МЕНЕЕ 90°) ВХОДНЫЕ КРОМКИ ЛОПАТОК ОТКРЫТЫ ЗА СЧЕТ СРЕЗА ЧАСТИ БАНДАЖА ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ СЕПАРАЦИИ ВЛАГИ. НАПРОТИВ ЭТОГО СРЕЗА В СТАТОРЕ ТУРБИНЫ РАСПОЛОЖЕНА ВХОДНАЯ ЩЕЛЬ ЛОВУШКИ. РАЗМЕР ВЫБРАН ТАКИМ, ЧТОБЫ ОТСОС ПАРА НЕВЕЛИК, А ВЛАГА ИЗ ОТСАСЫВАЕМОГО ПОТОКА НЕ ВЫПАДАЕТ. ЗА ЩЕЛЬЮ РАСПОЛОЖЕНА ПРОМЕЖУТОЧНАЯ БУФЕРНАЯ ПОЛОСТЬ, СОЕДИНЕННАЯ С ПОСЛЕДУЮЩЕЙ КАМЕРОЙ РЕГЕНЕРАТИВНОГО ОТБОРА.**



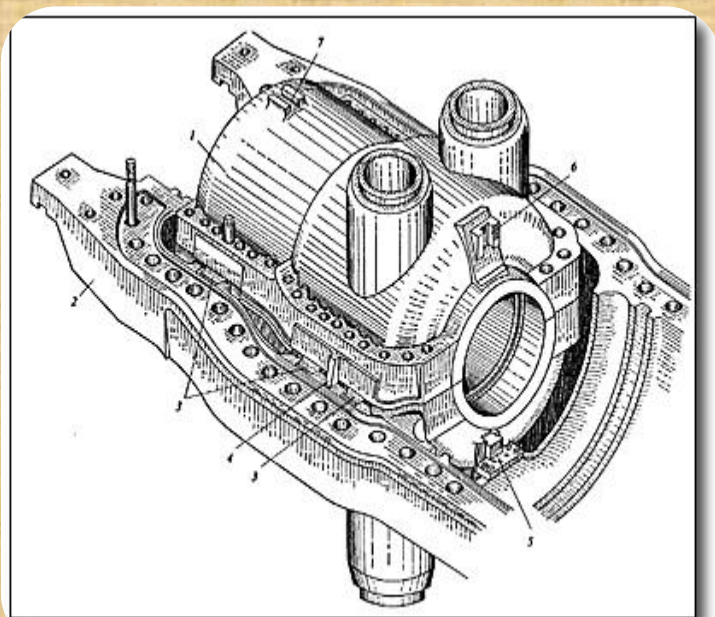
**1 – отвод влаги в паротсасывающие камеры;**

**2 – отвод влаги с паром, поступающим в регенеративные подогреватели**

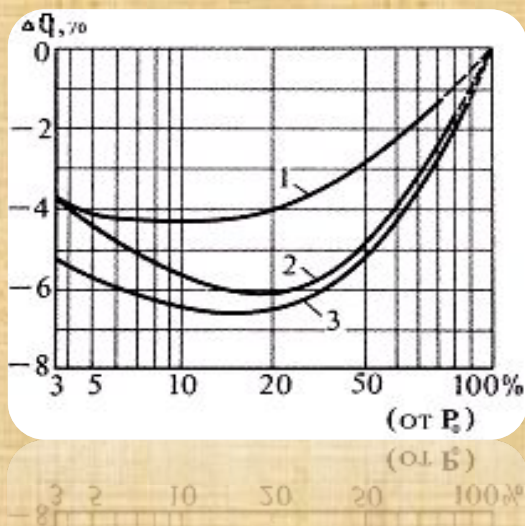
**Рисунок 5. Подступенчатая сепарация влаги в турбине К-500–65/3000**

**ДОПУСТИМАЯ ВЛАЖНОСТЬ ПОСЛЕ ОТДЕЛЬНЫХ ЦИЛИНДРОВ ТУРБИНЫ ЗАВИСИТ ПРЕЖДЕ ВСЕГО ОТ ВЕЛИЧИНЫ ОКРУЖНОЙ СКОРОСТИ, Т.Е. ОТ ВЫСОТЫ ЛОПАТКИ**

**РАБОЧЕГО КОЛЕСА И СКОРОСТИ ВРАЩЕНИЯ ТУРБИНЫ. ТАК, ЕСЛИ ДЛЯ СТАЛЬНОЙ ЛОПАТКИ, ИМЕЮЩЕЙ МАКСИМАЛЬНУЮ ВЫСОТУ 1500 ММ И ЧАСТОТУ ВРАЩЕНИЯ 1500 ОБ/МИН, ДОПУСТИМА КОНЕЧНАЯ ВЛАЖНОСТЬ ПАРА 13–14%, ТО ДЛЯ ТОГО ЖЕ КОЛЕСА ПРИ 3000 ОБ/МИН ОНА УМЕНЬШАЕТСЯ ДО 7–8%. УМЕНЬШЕНИЕ ВЫСОТЫ ЛОПАТКИ ДО 780 ММ ПРИ ЧАСТОТЕ ВРАЩЕНИЯ 3000 ОБ/МИН УВЕЛИЧИВАЕТ ДОПУСТИМУЮ ВЕЛИЧИНУ ВЛАЖНОСТИ ДО 13–14%. С УЧЕТОМ ЭТИХ ОБСТОЯТЕЛЬСТВ ВЫПОЛНЕНА КОНСТРУКТИВНАЯ СХЕМА ТУРБИНЫ.**



**РАБОЧИЕ ПРОЦЕССЫ ТУРБИН НАСЫЩЕННОГО ПАРА ПОКАЗЫВАЮТ, ЧТО ДОПУСТИМЫЕ ВЛАЖНОСТИ В ПОСЛЕДНИХ СТУПЕНЯХ ТУРБИН ТРЕБУЮТ ПРИМЕНЕНИЯ СЕПАРАЦИИ, А ИНОГДА И ПРОМЕЖУТОЧНОГО ПЕРЕГРЕВА ПАРА МЕЖДУ ЦИЛИНДРАМИ ТУРБИНЫ. ОДНА ИЗ ВАЖНЫХ ЗАДАЧ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ЭТИХ УСТРОЙСТВ – ВЫБОР ДАВЛЕНИЯ В ЭТИХ АППАРАТАХ. ЗАВИСИМОСТИ ВЫИГРЫША В ТЕПЛОВОЙ ЭКОНОМИЧНОСТИ УСТАНОВКИ ОТ ВЕЛИЧИНЫ РАЗДЕЛИТЕЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ ИМЕЮТ ОПТИМУМ**



- 1 – только сепарация;
- 2 – сепарация и одноступенчатый промежуточный перегрев;
- 3 – сепарация и двухступенчатый промежуточный перегрев.

**Рисунок 6. Повышение экономичности турбинной установки на насыщенном паре в зависимости от давления в сепараторе и промежуточном пароперегревателе**



**ПЕРЕГРЕВА ОПТИМАЛЬНОЕ РАЗДЕЛИТЕЛЬНОЕ ДАВЛЕНИЕ СОСТАВЛЯЕТ ОКОЛО 15% ОТ НАЧАЛЬНОГО.**

**ЕСЛИ ДАВЛЕНИЕ ПЕРЕД ТУРБИНОЙ 0,9 МПА, ТО ДАВЛЕНИЕ ДЛЯ ПЕРЕГРЕВАЕМОГО ПАРА ДОЛЖНО БЫТЬ 0,6 МПА. ОДНОСТУПЕНЧАТЫЙ ПРОМЕЖУТОЧНЫЙ ПЕРЕГРЕВ СМЕЩАЕТ ОПТИМУМ В ОБЛАСТЬ**

**НЕСКОЛЬКО БОЛЬШИХ ДАВЛЕНИЙ. ЧТО ЖЕ КАСАЕТСЯ ТОЛЬКО СЕПАРАЦИИ, ТО ИЗ РИСУНКА 4 СЛЕДУЕТ,**

**ЧТО ОПТИМАЛЬНОЕ РАЗДЕЛИТЕЛЬНОЕ ДАВЛЕНИЕ ЛЕЖИТ В ШИРОКИХ ПРЕДЕЛАХ ОТ 5 ДО**

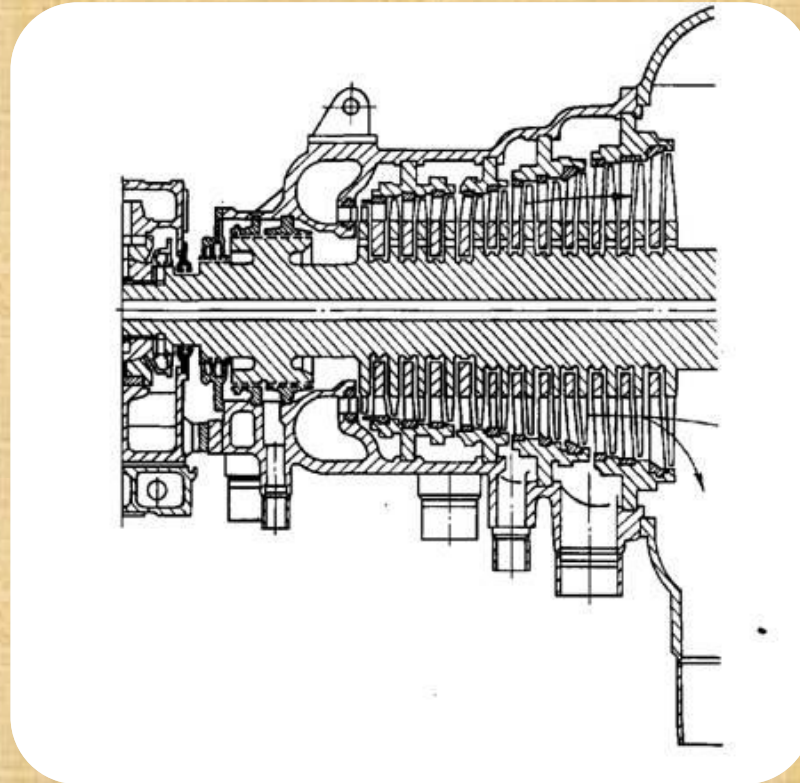
**ДЛЯ НАЧАЛЬНОГО**

**ДАВЛЕНИЯ 0,3–1,2 МПА.**



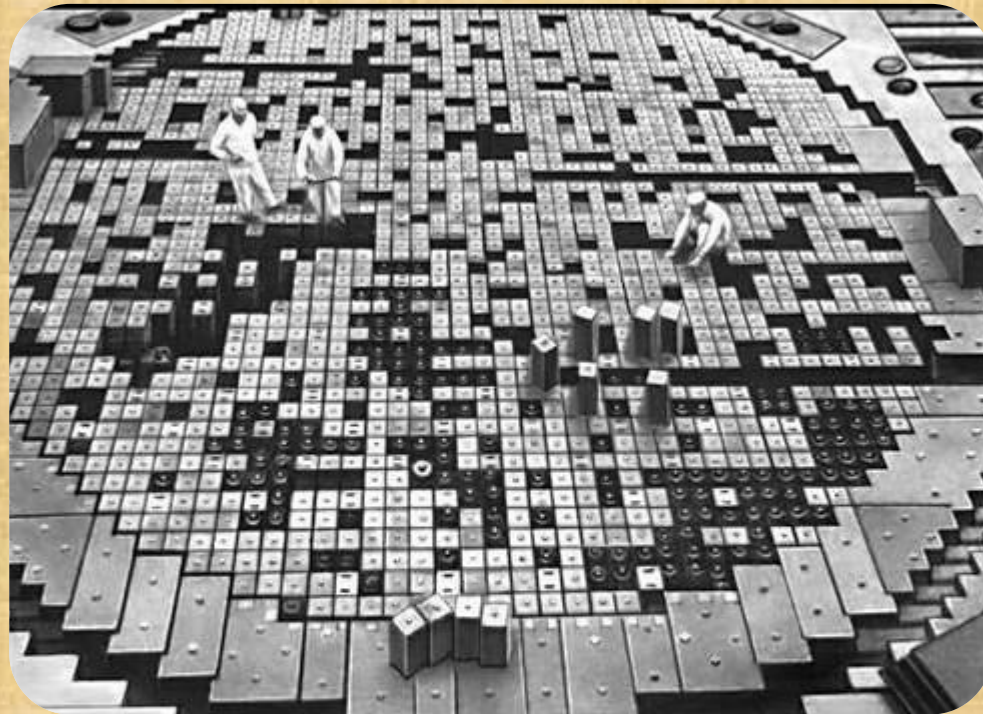
**ПРОМЕЖУТОЧНЫЙ ПЕРЕГРЕВ ПАРА, ЧАСТИЧНО СРАБОТАВШЕГО ПЕРЕПАД В И ОСУШЕННОГО В СЕПАРАТОРЕ, ПРОИЗВОДИТСЯ ТОЛЬКО В ПОВЕРХНОСТНЫХ ПЕРЕГРЕВАТЕЛЯХ. СМЕШЕНИЕ НАСЫЩЕННОГО ПАРА ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ  $p_1$  И ОСУШЕННОГО ПАРА НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ  $p_2$  ДАСТ НЕ ПЕРЕГРЕТЫЙ ПАРА, А НАСЫЩЕННЫЙ С ПРОМЕЖУТОЧНЫМ ДАВЛЕНИЕМ  $p_3$  ПРИЧЕМ  $p_2 < p_3 < p_1$  – НЕОБРАТИМЫЕ ПРОЦЕССЫ В СМЕШИВАЮЩЕМ ПЕРЕГРЕВАТЕЛЕ ПРИВОДЯТ К СНИЖЕНИЮ ТЕРМИЧЕСКОГО К.П.Д**

**В ПРОМЕЖУТОЧНОМ ПЕРЕГРЕВАТЕЛЕ НАЧАЛЬНЫЙ НАГРЕВ ПАРА ОСУЩЕСТВЛЯЕТСЯ ЗА СЧЕТ ПЕРВОГО ОТБОРА ТУРБИНЫ, А КОНЕЧНЫЙ ПЕРЕГРЕВ ОСУЩЕСТВЛЯЕТСЯ ЗА СЧЕТ ОСТРОГО ПАРА. СЕПАРАТОР – ПАРОПЕРЕГРЕВАТЕЛЬ ЯВЛЯЕТСЯ ЧАСТЬЮ ТЕПЛОВОЙ И БУДЕТ РАССМОТРЕН ДАЛЕЕ. ПРИ РАССМОТРЕНИИ ТУРБИННОГО АГРЕГАТА, ДЛЯ НАС ВАЖНЫ ТОЛЬКО ПАРАМЕТРЫ ПАРА ПОСЛЕ ЦИЛИНДРА ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ (ПЕРЕД СЕПАРАТОРОМ) И ПЕРЕД ЦИЛИНДРОМ НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ (ПОСЛЕ ПРОХОЖДЕНИЯ СЕПАРАТОРА ПЕРЕГРЕВАТЕЛЯ).**





**ПОСКОЛЬКУ РЕАКТОРНАЯ УСТАНОВКА РБМК–1000, ЯВЛЯТЬСЯ  
ОДНОКОНТУРНОЙ ТО ПАР, ПОСТУПАЮЩИЙ  
НА ТУРБИНУ ЯВЛЯЕТСЯ РАДИОАКТИВНЫМ, ЧТО В СВОЮ ОЧЕРЕДЬ  
ПРИВОДИТ К НЕКОТОРЫМ ОСОБЕННОСТЯМ ПРИ РАБОТЕ.**





ПРИВОДИТ К ТВЕРДЫМ РАДИОАКТИВНЫМ ОТЛОЖЕНИЯМ В ОБЛАСТИ  
ПАРОПЕРЕГРЕВАТЕЛЯ,  
ЧТО ЗАТРУДНЯЕТ ДОСТУПНОСТЬ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ РЕМОНТА. ПРОТЕКАНИЕ  
ЧЕРЕЗ

ТУРБИННУЮ УСТАНОВКУ РАДИОАКТИВНОГО ПАРА СПОСОБСТВУЕТ РАЗЛИЧНОЙ  
РАДИОАКТИВНОСТИ ОТДЕЛЬНЫХ ЕЕ ЭЛЕМЕНТОВ. ЭТО ДОЛЖНО УЧИТЫВАТЬСЯ  
ПРИ

РАЗМЕЩЕНИИ ОБОРУДОВАНИЯ И ОРГАНИЗАЦИИ ЕГО ЭКСПЛУАТАЦИИ. В  
МАШИННОМ ЗАЛЕ

НАИБОЛЬШАЯ РАДИОАКТИВНОСТЬ СВЯЗАНА С ОСТРЫМ ПАРОМ; ОНА  
УЧИТЫВАЕТСЯ ПРИ

КОМПОНОВКЕ МАШИННОГО ЗАЛА. РАДИОАКТИВНОСТЬ СВЯЗАНА С ГАЗОВОЙ  
АКТИВНОСТЬЮ.

ТУРБИНА В ЭКСПЛУАТАЦИИ НЕ ТРЕБУЕТ ПОСТОЯННОГО  
ОБСЛУЖИВАНИЯ, ПОЭТОМУ ДЛЯ ТУРБИН

ОДНОКОНТУРНЫХ АТОМНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ НЕ  
НУЖНА СПЕЦИАЛЬНАЯ БИОЛОГИЧЕСКАЯ ЗАЩИТА.

ОТНОСИТЕЛЬНО БОЛЬШОЙ УРОВЕНЬ  
РАДИОАКТИВНОСТИ ФИЛЬТРОВ КОНДЕНСАТООЧИСТКИ

ХАРАКТЕРЕН ДЛЯ КОНЕЧНОГО ПЕРИОДА ИХ

ЭКСПЛУАТАЦИИ И СВЯЗАН С НАКОПЛЕНИЕМ В НИХ  
РАДИОАКТИВНЫХ ПРОДУКТОВ КОРРОЗИИ. В

НАЧАЛЬНЫЙ ПЕРИОД ЭКСПЛУАТАЦИИ ФИЛЬТРОВ ИХ  
РАДИОАКТИВНОСТЬ НАХОДИТСЯ НА УРОВНЕ

АКТИВНОСТИ В ВОДЯНОЙ ЕМКОСТИ КОНДЕНСАТОРОВ.

ВОДЯНЫЕ ЕМКОСТИ КОНДЕНСАТОРОВ И  
КОНДЕНСАТООЧИСТКУ СНАБЖАЮТ БИОЛОГИЧЕСКОЙ  
ЗАЩИТОЙ

**РАДИОАКТИВНОСТЬ ПОДОГРЕВАТЕЛЕЙ РЕГЕНЕРАТИВНОЙ СИСТЕМЫ  
ТУРБИНЫ РАЗЛИЧНА. ЕСЛИ ДЛЯ ПЕРВОГО ПО ХОДУ ВОДЫ  
ПОДОГРЕВАТЕЛЯ УРОВЕНЬ РАДИОАКТИВНОСТИ НИЗОК, ТО В  
ПОСЛЕДНЕМ ПО ХОДУ ВОДЫ ОН ОТНОСИТЕЛЬНО ВЫСОК. ГРЕЮЩИЙ  
ПАР ДЛЯ ПОСЛЕДНЕГО ПОДОГРЕВАТЕЛЯ ОТВОДИТСЯ ИЗ ГОЛОВНОЙ  
ЧАСТИ МАШИНЫ, И КОНДЕНСАЦИЯ ЕГО В КОРПУСЕ ПОДОГРЕВАТЕЛЯ  
ПРИВОДИТ К ОТНОСИТЕЛЬНО ВЫСОКОЙ РАДИОАКТИВНОСТИ  
ВОДЯНОЙ ЕМКОСТИ**

**РАДИОАКТИВНОСТЬ КОНДЕНСАТА ГРЕЮЩЕГО  
ПАРА ВЫШЕ, ЧЕМ РАДИОАКТИВНОСТЬ САМОГО  
ПАРА, ТАК КАК ВЕСОВОЕ КОЛИЧЕСТВО СРЕДЫ В  
ВОДЯНОМ ОБЪЕМЕ ПОДОГРЕВАТЕЛЯ БОЛЬШЕ, ЧЕМ  
В СТУПЕНИ ТУРБИНЫ. РАДИОАКТИВНОСТЬ  
ВОДЯНОЙ ЕМКОСТИ КОРПУСА ПОДОГРЕВАТЕЛЯ,  
ОБОГРЕВАЕМОГО ПАРОМ ИЗ ГОЛОВНОЙ ЧАСТИ  
ТУРБИНЫ, БОЛЬШЕ, ЧЕМ ВОДЯНОГО ОБЪЕМА  
КОНДЕНСАТОРА, ТАК КАК ЗА ВРЕМЯ ПРОХОЖДЕНИЯ  
ПАРА ОТ ВХОДА В ТУРБИНУ ДО КОНДЕНСАТОРА  
ГАЗОВАЯ РАДИОАКТИВНОСТЬ В ЗНАЧИТЕЛЬНОЙ  
МЕРЕ СПАДАЕТ**



**ПОЭТОМУ ВОДЯНАЯ ЕМКОСТЬ ПОДОГРЕВАТЕЛЕЙ РЕГЕНЕРАТИВНОЙ СИСТЕМЫ ТУРБИН ОДНОКОНТУРНОЙ СТАНЦИИ ТОЖЕ ТРЕБУЕТ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ. БЕЗУСЛОВНО НЕОБХОДИМА БИОЛОГИЧЕСКАЯ ЗАЩИТА И ТОЙ ЧАСТИ ОБЪЕМА СЕПАРАТОРА, В КОТОРОЙ СКАПЛИВАЕТСЯ СЕПАРАТ. ВСЕ ЭТО НАХОДИТ СВОЕ ОТРАЖЕНИЕ В КОМПОНОВОЧНЫХ РЕШЕНИЯХ МАШИННОГО ЗАЛА ОДНОКОНТУРНОЙ АЭС. В ЧАСТНОСТИ НА СМОЛЕНСКОЙ АЭС КОНДЕНСАТОРЫ ПОДОГРЕВАТЕЛИ НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ И СЕПАРАТОР ПОДОГРЕВАТЕЛЬ РАСПОЛОЖЕНЫ ПОД ПОЛОМ МАШИННОГО ЗАЛА,**





**НА КОНЦЕВЫЕ УПЛОТНЕНИЯ ТУРБИНЫ НЕЛЬЗЯ ПОДАВАТЬ РАДИОАКТИВНЫЙ ПАР, ЧТОБЫ НЕ ПОВЫСИТЬ РАДИОАКТИВНЫЙ ФОН МАШИННОГО ЗАЛА. В СВЯЗИ С ЭТИМ В СИСТЕМЕ ОДНОКОНТУРНОЙ АЭС ОБЯЗАТЕЛЬНО ДОЛЖЕН БЫТЬ ИСПАРИТЕЛЬ, ПРОИЗВОДЯЩИЙ ЧИСТЫЙ НЕРАДИОАКТИВНЫЙ ПАР. ТАК КАК ВЕСЬ КОНДЕНСАТ ПАРА, ПОСТУПАЮЩЕГО НА ТУРБИНУ, ПРОХОДИТ ЧЕРЕЗ КОНДЕНСАТООЧИСТКУ, ТО РАДИОАКТИВНОСТЬ ЕГО НИЧТОЖНА. ПОЭТОМУ ИСПАРИТЕЛЬ, ПРОИЗВОДЯЩИЙ ПАР ДЛЯ УПЛОТНЕНИЙ, ПИТАЕТСЯ КОНДЕНСАТОМ (ПИТАТЕЛЬНОЙ ВОДОЙ) ПОСЛЕ ДЕАЭРАТОРА.**

**ПАР, ПОДАВАЕМЫЙ НА УПЛОТНЕНИЯ ВАЛА ТУРБИНЫ, ОТСАСЫВАЕТСЯ СПЕЦИАЛЬНЫМ ЭЖЕКТОРОМ УПЛОТНЕНИЙ. ЭЖЕКТОРЫ УПЛОТНЕНИЙ ТУРБИНЫ РАБОТАЮТ ПОСТОЯННО, КАК И ОСНОВНОЙ ЭЖЕКТОР, НО РАСХОД ПАРОГАЗОВОЙ СМЕСИ И ДАВЛЕНИЕ ВСАСЫВАНИЯ У ЭЖЕКТОРОВ УПЛОТНЕНИЙ БОЛЬШЕ, ЧЕМ У ОСНОВНЫХ**



## Таблица 1. Характеристики эжекторов уплотнений для турбины К-500-65/3000

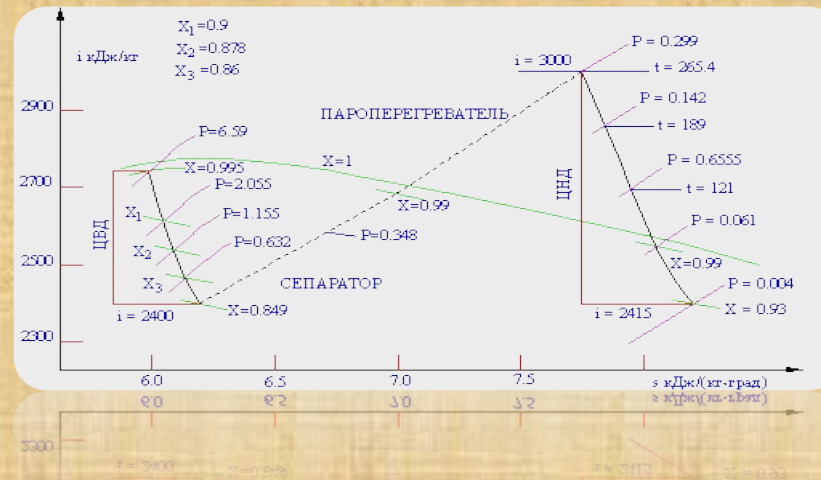
Тип эжектора		ЭУ-15
Давление рабочего пара	МПа	0.5
Расход рабочего пара	кг/ч	3500
Давление паровоздушной смеси перед первой ступенью	МПа	0.080
Расчетное количество отсасываемой смеси	кг/ч	5780
Расход охлаждающей воды (конденсат турбины)	т/ч	1800
Число ступеней охлаждения		2





**НАИБОЛЕЕ НАГЛЯДНОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ О ПРОЦЕССАХ ПРОИСХОДЯЩИХ С РАБОЧИМ ТЕЛОМ В ТУРБИНЕ ДАЕТ I-S ДИАГРАММА, В КОТОРОЙ ПО ВЕРТИКАЛЬНОЙ ОСИ ОТЛОЖЕНА УДЕЛЬНАЯ ЭНТАЛЬПИЯ, А ПО ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ ОСИ УДЕЛЬНАЯ ЭНТРОПИЯ РАБОЧЕГО ТЕЛА – ПАРА**

**РАССМОТРИМ I-S ДИАГРАММУ ТУРБИНЫ ПРИ НОМИНАЛЬНОЙ НАГРУЗКЕ**



**РИСУНОК 7. ПРОЦЕССЫ В I, S-ДИАГРАММЕ ПРИ НОРМАЛЬНОЙ НАГРУЗКЕ ДЛЯ ТУРБИНЫ К-500-65/3000**



## НАЧАЛЬНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ОСТРОГО ПАРА:

- ТЕМПЕРАТУРА  $t = 280.4$  ГРАД  
С
- ДАВЛЕНИЕ  $p = 6.59$  МПА;
- ОТНОСИТЕЛЬНАЯ  
ВЛАЖНОСТЬ  $x = 0.995$ ;
- УДЕЛЬНАЯ ЭНТАЛЬПИЯ  
 $i_0 = 2770$  КДЖ/КГ.

ОСТРЫЙ ПАР ПОСТУПАЕТ В  
ЦИЛИНДР ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЕ,  
НА ВЫХОДЕ ИЗ КОТОРОГО ПАР  
ИМЕЕТ СЛЕДУЮЩИЕ  
ПАРАМЕТРЫ:

- ДАВЛЕНИЕ  $p = 0.348$  МПА;
- ОТНОСИТЕЛЬНАЯ  
ВЛАЖНОСТЬ  $x = 0.849$ ;
- УДЕЛЬНАЯ ЭНТАЛЬПИЯ  
 $i_1 = 2400$  КДЖ/КГ;

ДАВЛЕНИЕ СНИЗИЛОСЬ, ПРОИЗОШЛО  
РАСШИРЕНИЕ ПАРА, РАСШИРЯЯСЬ ПАР  
СОВЕРШИЛ РАБОТУ, РАБОТА ОДНОГО  
КИЛОГРАММА ПАРА СОСТАВИЛА:

$$A = (i_0 - i_1) = (2770 - 2400) = 370 \text{ кДж/кг.}$$

**НА ЛИНИИ РАСШИРЕНИЯ ПАРА ОТМЕЧЕНЫ ЗАСЕЧКАМИ ТОЧКИ  
ПАРАМЕТРЫ КОТОРЫХ СООТВЕТСТВУЮТ ПАРАМЕТРАМ ПАРА  
ОТБИРАЕМОГО НА РЕГЕНЕРАТИВНЫЕ ПОДОГРЕВАТЕЛИ**

**ПОСЛЕ ЦИЛИНДРА ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ ПАР НАПРАВЛЯЕТСЯ В  
СЕПАРАТОР – ПАРОПОДОГРЕВАТЕЛЬ. ПРОЦЕСС В  
ПАРОПОДОГРЕВАТЕЛЕ ИЗОБРАЖЕН ПУНКТИРНОЙ ЛИНИЕЙ. В  
СЕПАРАТОРЕ ПРОИСХОДИТ ОСУШКА ПАРА ДО ВЛАЖНОСТИ  $x = 0.99$ , ЗА СЧЕТ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ СОПРОТИВЛЕНИЙ ДАВЛЕНИЕ  
СНИЖАЕТСЯ ДО  $P=0,328$ , ПОСЛЕ ОСУШКИ ПАР ПЕРЕГРЕВАЕТСЯ В  
ПЕРЕГРЕВАТЕЛЕ ДО ТЕМПЕРАТУРЫ 265 ГРАД С И НА ВХОДЕ В  
ЦИЛИНДР НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ ОН ИМЕЕТ ПАРАМЕТРЫ:**

- **ОТНОСИТЕЛЬНАЯ ВЛАЖНОСТЬ  $x=1$  (ПАР  
СУХОЙ);**
- **ДАВЛЕНИЕ  $P=0.299$   
МПА;**
- **УДЕЛЬНАЯ ЭНТАЛЬПИЯ  $i_2=3000$   
КДЖ/КГ.**

**В ЦИЛИНДРЕ НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ ПАР РАСШИРЯЕТСЯ, СОВЕРШАЯ РАБОТУ. НА ЛИНИИ РАСШИРЕНИЯ ПАРА ОТМЕЧЕНЫ ЗАСЕЧКАМИ ТОЧКИ, ПАРАМЕТРЫ КОТОРЫХ СООТВЕТСТВУЮТ ПАРАМЕТРАМ ПАРА ОТБИРАЕМОГО ИЗ ЦИЛИНДРА НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ НА РЕГЕНЕРАТИВНЫЕ ПОДОГРЕВАТЕЛИ. ПАРАМЕТРЫ ПАРА НА ВЫХОДЕ ИЗ ЦИЛИНДРА НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ:**

- **ДАВЛЕНИЕ  $p=0.004$  МПА;**
- **ОТНОСИТЕЛЬНАЯ ВЛАЖНОСТЬ  $x=0.93$ ;**
- **УДЕЛЬНАЯ ЭНТАЛЬПИЯ  $i_3=2415$  КДЖ/КГ;**

**РАБОТА ОДНОГО КИЛОГРАММА ПАРА В ЦИЛИНДРЕ НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ СОСТАВИЛА:**

$$A=(i_2 - i_3)=(3000 - 2415)=585 \text{ кДж/кг.}$$

**ПОСЛЕ ЦИЛИНДРА НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ ПАР ПОСТУПАЕТ В КОНДЕНСАТОР, ГДЕ ПРОИСХОДИТ ЕГО КОНДЕНСАЦИЯ.**



**АТОМНАЯ ЭНЕРГЕТИКА – АКТИВНО РАЗВИВАЮЩАЯСЯ ОТРАСЛЬ. ОЧЕВИДНО, ЧТО ЕЙ ПРЕДНАЗНАЧЕНО БОЛЬШОЕ БУДУЩЕЕ, ТАК КАК ЗАПАСЫ НЕФТИ, ГАЗА, УГЛЯ ПОСТЕПЕННО ИССЯКАЮТ, А УРАН – ДОСТАТОЧНО РАСПРОСТРАНЕННЫЙ ЭЛЕМЕНТ НА ЗЕМЛЕ. НО СЛЕДУЕТ ПОМНИТЬ, ЧТО АТОМНАЯ ЭНЕРГЕТИКА СВЯЗАНА С ПОВЫШЕННОЙ ОПАСНОСТЬЮ ДЛЯ ЛЮДЕЙ, КОТОРАЯ, В ЧАСТНОСТИ, ПРОЯВЛЯЕТСЯ В КРАЙНЕ НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ ПОСЛЕДСТВИЯХ АВАРИЙ С РАЗРУШЕНИЕМ АТОМНЫХ РЕАКТОРОВ. В СВЯЗИ С ЭТИМ НЕОБХОДИМО ЗАКЛАДЫВАТЬ РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ (В ЧАСТНОСТИ, ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ АВАРИЙ С РАЗГОНОМ РЕАКТОРА, ЛОКАЛИЗАЦИЮ АВАРИИ В ПРЕДЕЛАХ БИОЗАЩИТЫ, УМЕНЬШЕНИЕ РАДИОАКТИВНЫХ ВЫБРОСОВ И НАЧАЛЬНЫЕ СТАДИИ ЕГО**

