

Министерство образования РФ

АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Ю.В. Фатнева, А.С. Блейхман

***РАСЧЕТ ЭЛЕМЕНТОВ
ТЕПЛОВОЙ СХЕМЫ ТЭС***

учебно-методическое пособие

к курсовому проектированию

Благовещенск

2002

*Печатается по решению
редакционно-издательского совета
Амурского государственного
университета*

Ю.В. Фатнева, А.С. Блейхман

Расчет элементов тепловой схемы ТЭС

Учебно-методическое пособие к курсовому проектированию для студентов специальности 100500 «Тепловые электрические станции» очной и заочной форм обучения. Благовещенск: Амурский гос. ун-т, 2002

В пособии излагаются методики выбора тепловой схемы ТЭС, построения процесса расширения пара в турбине, определения параметров пара и питательной воды. Даются указания по расчету подогревателей низкого и высокого давления, деаэратора. Методическое пособие содержит задание к курсовой работе, пример расчета тепловой схемы ТЭС с пояснениями, необходимыми для выполнения курсовой работы.
дипломном проектировании.

Рекомендуется в качестве вспомогательного материала при дипломном проектировании и может быть полезно для инженеров занимающихся проектированием и эксплуатацией тепловых сетей.

Рецензенты:

А.М. Левшаков, профессор кафедры энергетики, канд. техн. наук;

А.И. Яшин, начальник ПТО СП «Благовещенская ТЭЦ» ОАО «Амурэнерго».

©Амурский государственный университет, 2002

ВВЕДЕНИЕ

Курсовое проектирование – неотъемлемая часть процесса обучения и формирования будущего специалиста, целью которого является углубление, укрепление и систематизация знаний студентов по предмету, развитие у них навыков самостоятельного выбора основных проектных решений и практического применения полученных теоретических знаний.

Проектирование элементов тепловой схемы ТЭС представляет собой процесс выработки и принятия основных решений при выборе тепловой схемы и ее элементов, определении основных параметров рабочего тела и технико-экономических показателей ТЭС, связанный с производством расчетов, оптимизацией отдельных фрагментов и объекта в целом. Этот процесс на современном этапе требует системного подхода при изучении объекта проектирования, при автоматизации проектных работ с помощью ПЭВМ, а также при использовании новейших достижений науки и техники, передового опыта проектных, строительного-монтажных и эксплуатационных организаций.

Изучение процесса проектирования требует – это знакомство с основами и методами проектирования, с примерами и ссылками на специальные и справочные издания по всем основным разделам проекта. Курсовое проектирование призвано подготовить студентов к разработке дипломного проекта, привить им первые навыки технико-экономического подхода к комплексному решению задач, связанных с тепловыми схемами ТЭС.

Курсовой проект выполняется студентами специальности “Тепловые электрические станции”.

Предлагаемое учебно-методическое пособие содержит задание, исходные данные для проектирования, указания, раскрывающие объем КП, и примеры по оформлению графической части КП.

Перечень необходимой литературы для выполнения КП приводится в библиографическом списке.

ПЕРЕЧЕНЬ УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

БН	– бустерный насос
БРОУ	– быстродействующая редукционно-охладительная установка
Г	– электрогенератор
Д	– деаэратор
ДН	– дренажный насос
ДСН	– дренажный сетевой насос
К	– конденсатор
КН	– конденсатный насос
ПВД	– подогреватель высокого давления
ПВК	– пиковый водогрейный насос
ПЕ	– пароперегреватель
ПК	– паровой котёл
ПН	– питательный насос
ПНД	– подогреватель низкого давления
ПП	– промежуточный пароперегреватель
ПСВ	– подогреватель сетевой воды
ПТ	– потребитель тепла
Р	– редуктор
СН	– сетевой насос
Т	– паровая турбина
ТП	– трубопровод питательного насоса
ТЭС	– тепловая электрическая станция
ЧВД	– часть высокого давления
ЧВД	– часть среднего давления
ЧНД	– часть низкого давления

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Курсовой проект преследует цель закрепления, систематизации и расширения теоретических знаний студента по курсу путем самостоятельного решения комплексных инженерных задач по расчету элементов тепловой схемы ТЭС.

В процессе проектирования студент осваивает методику выполнения проектных решений, учится работать с технической литературой: справочниками, каталогами, ГОСТ, СНиП, материалами проектных организаций и другими источниками.

При выполнении курсового проекта следует обратить внимание на использование ПЭВМ, имеющихся на кафедре, для производства расчетов.

Вариант задания выбирается по двум последним цифрам номера зачётной книжки из табл. 1, 2(или 3) и 4 приложения 2.

Пояснительная записка, как правило, должна содержать следующие последовательно выполняемые разделы:

1. Выбор тепловой схемы ТЭС.
2. Построение в h - S диаграмме процесса расширения пара в ЧВД, ЧСД и ЧНД турбины.
3. Определение параметров пара по h - S диаграмме.
4. Определение параметров питательной воды и конденсата греющего пара по таблицам [1].
5. Определение расхода питательной воды.
6. Расчёт ПВД.
7. Расчёт деаэратора.
8. Расчёт ПНД.
9. Определение коэффициентов недовыработки энергии и расхода пара на турбину.
10. Техничко-экономические показатели ТЭС.

Курсовой проект студента должен содержать 30-35 стр. машинописного текста пояснительной записки на листах формата А4 и чертеж, выполненный на формате А1.

В текстовой части пояснительной записки должны быть отражены:

описание выбранной тепловой схемы;

пояснения к построению в $h-S$ диаграмме процесса расширения пара в турбине;

определение параметров и расхода пара и воды в основных трубопроводах схемы и расхода пара в турбину;

расчёт некоторых технико-экономических показателей станции.

Графическая часть проекта включает тепловую схему ТЭС с указанием количественных значений расходов и параметров пара и воды, а также $h-S$ диаграмму с изображением в ней процессов расширения пара в СВД, ЧСД и ЧНД турбины.

Записка и чертежи, подписанные проектантом, проходят технический и нормоконтроль на кафедре, а затем предоставляются на проверку преподавателю-консультанту, допускающему проект к защите.

Студент защищает выполненный проект перед назначенной кафедрой комиссией.

2. ВЫБОР ТЕПЛОВОЙ СХЕМЫ ТЭС

Тепловая схема выбирается согласно заданию по типу паровой турбины по литературе [2,3,4] или составляется на основании данных, имеющих в табл. 2 (или 3) и 4 приложения 2. Примеры тепловых схем показаны в приложении 1 на рис. 1 - 6 .

2.1. Тип турбины

Классификация и обозначение турбин в соответствии с ГОСТ 3618-76 отражают тип турбин по признаку использования отработавшего пара,

номинальной электрической мощности, давлению пара перед турбиной, противодействию.

Обозначение типа турбины состоит из буквенной и цифровой частей. В буквенной части применяются следующие обозначения:

К – турбина конденсационная;

П – турбина конденсационная с регулируемым производственным отбором пара (давление в отборе 0,39 - 1,47 МПа);

Т – турбина конденсационная с регулируемым отопительным (теплофикационным) отбором пара (0,069 - 0,24 МПа);

ПТ – турбина конденсационная с двумя регулируемыми отборами пара – производственным и теплофикационным;

Р – турбина противодействующая.

В цифровой части приводятся значения номинальной мощности турбины в МВт, затем давление свежего пара перед турбиной, в турбинах с регулируемым производственным отбором пара, а также в турбинах с противодействием приводится величина давления пара в отборе или величина противодействия.

Пример:

1) Тип турбины К-200-130.

Турбина конденсационная мощностью $N = 200$ МВт; давление свежего пара перед турбиной $P_0 = 130$ ата (12,7 МПа).

2) Тип турбины ПТ-50-130/7.

Турбина конденсационная мощностью $N=50$ МВт с двумя регулируемыми отборами пара – производственным и теплофикационным; давление свежего пара перед турбиной $P_0 = 130$ ата (12,7 МПа); давление пара в производственном отборе $P_n = 7$ ата (0,69 МПа).

Если по заданию турбина типа Т или ПТ, то в тепловой схеме необходимо предусмотреть отопительный и производственный отборы пара (приложение 1, рис. 4 - 6).

2.2. Число корпусов турбины (таблица 2 (или 3))

Варианты задания:

однокорпусная турбина (приложение 1, рис. 1);

двухкорпусная турбина (приложение 1, рис. 5, 6).

Для одно- и двухкорпусных турбин необходимо условно указать части высокого, среднего и низкого давления (ЧВД, ЧСД и ЧНД).

трёхкорпусная турбина (приложение 1, рис. 2, 3, 4);

четырёх-, пяти-, шестикорпусная турбина [5].

У турбин типа К и Т мощность $N = 50$ МВт и выше. ЧНД выполняется двухпоточным и более. Это объясняется тем, что объёмный пропуск пара изменяется в очень широких пределах из-за интенсивного роста удельного объёма пара при его расширении. В зависимости от начальных и конечных параметров это увеличение составляет 1000-2500.

2.3. Промежуточный перегрев пара

Конденсационные турбины мощностью $N = 160$ МВт и выше имеют промежуточный перегрев, который повышает тепловую экономичность паротурбинной установки. Пар после расширения его в ЧВД направляется в промежуточный пароперегреватель, представляющий часть парогенератора.

В этом пароперегревателе температура пара повышается до температуры свежего пара, после чего вторично перегретый пар возвращается в турбину, в которой расширяется до давления в конденсаторе.

Параметры пара после промежуточного перегрева: давление $P''_{\text{нп}}$ и температура $t''_{\text{нп}}$ указаны в табл. 2 (или 3) приложения 2.

2.4. Число регенеративных подогревателей питательной воды

Количество подогревателей высокого давления (ПВД) и подогревателей низкого давления (ПНД), а также их подключение к отборам турбины задаётся в табл. 4 приложения 2.

Сброс дренажа (конденсата греющего пара) из подогревателей высокого давления (ПВД) осуществляется каскадно (самотеком) в деаэратор. Сброс дренажа в подогревателях низкого давления (ПНД) также осуществляется каскадно. Дренаж из последнего ПНД направляется дренажным насосом ДН в линию основного конденсата. После конденсатного насоса КН основной конденсат подогревается в подогревателе эжекторов ПЭ и подогревателя уплотнений ПУ, которые утилизируют тепло пара из уплотнений турбины и эжекторов конденсатора.

3. ПРИМЕР РАСЧЕТА ТЕПЛОВОЙ СХЕМЫ ТЭС С ТУРБИНОЙ К-200-130

3.1. Исходные данные

Исходные данные выбираются по двум последним цифрам номера зачетной книжки из табл. 1-4 приложения 2.

Вариант № XX

Из таблицы 1 выбираются:

1. Тип турбины К-200-130;
2. Мощность $N_{\text{э}} = 200$ МВт;
3. Топливо: газопровод Газли-Каган;
4. Низшая теплота сгорания топлива $Q_{\text{Н}}^{\text{P}} = 36600$ кДж/нм³.

Из таблицы 2 выбираются:

1. Давление свежего пара $P_0 = 12,75$ Мпа;
2. Температура свежего пара $t_0 = 565^{\circ}\text{C}$;
3. Давление пара из промперегрева $P''_{\text{нп}} = 2,25$ Мпа;
4. Температура пара из промперегрева $t''_{\text{нп}} = 565^{\circ}\text{C}$;
5. Давление отработавшего пара $P_{\text{к}} = 0,0035$ Мпа;
6. Температура питательной воды $t_{\text{пв}} = 235^{\circ}\text{C}$;
7. Число корпусов турбины $z = 3$.

Из таблицы 4 берутся следующие данные

№№ отборов	Давление в отборе, МПа	Подогреватели	К.П.Д.
1	3,66	ПВД-1	$\eta_{oi}^{ЧВД} = 0,845$
2	2,35	ПВД-2	
3	1,13	ПВД-3	$\eta_{oi}^{ЧСД} = 0,882$
4	0,59	ПВД-4	
5	0,255	ПВД-5	$\eta_{oi}^{ЧНД} = 0,866$
6	0,121	ПВД-6	
7	0,0245	ПВД-7	

3.2. Построение в h-S диаграмме процесса расширения пара в турбине

Процесс расширения строим последовательно для ЧВД, ЧСД и ЧНД.

ЧВД.

По параметрам свежего пара $P_0 = 12,75$ Мпа и $t_0 = 565^0\text{C}$ в h-S диаграмме находим точку О (рис. 1) и в ней энтальпию $h_0 = 3520$ кДж/кг.

Перед турбиной находятся регулирующие и стопорный клапаны, в которых происходит процесс дросселирования. Потеря давления от дросселирования составит (3-5)% от P_0 , т.е. $\Delta P = 0,03 \cdot P_0 = 0,38$ Мпа.

Давление пара перед соплами турбины

$$P'_0 = P_0 - \Delta P = 12,75 - 0,38 = 12,37 \text{ Мпа.}$$

В h-S диаграмме на пересечении изобары P'_0 и изоэнтальпы h_0 находим точку O' . Из точки O' опускаем адиабату до пересечения с изобарой $P_{пр1}$ – давление пара после ЧВД, которое можно принять ориентировочно

$$P_{пр1} \approx \frac{P_0}{5} .$$

По данным таблицы 4 устанавливаем точное значение $P_{пр1}$

$$P_{пр1} = P_{2 \text{ отб}} = 2,35 \text{ Мпа.}$$

В h-S диаграмме находим точку 1a и в ней энтальпию пара $h_{пр1a} = 3020$ КДж/кг после адиабатного расширения в ЧВД.

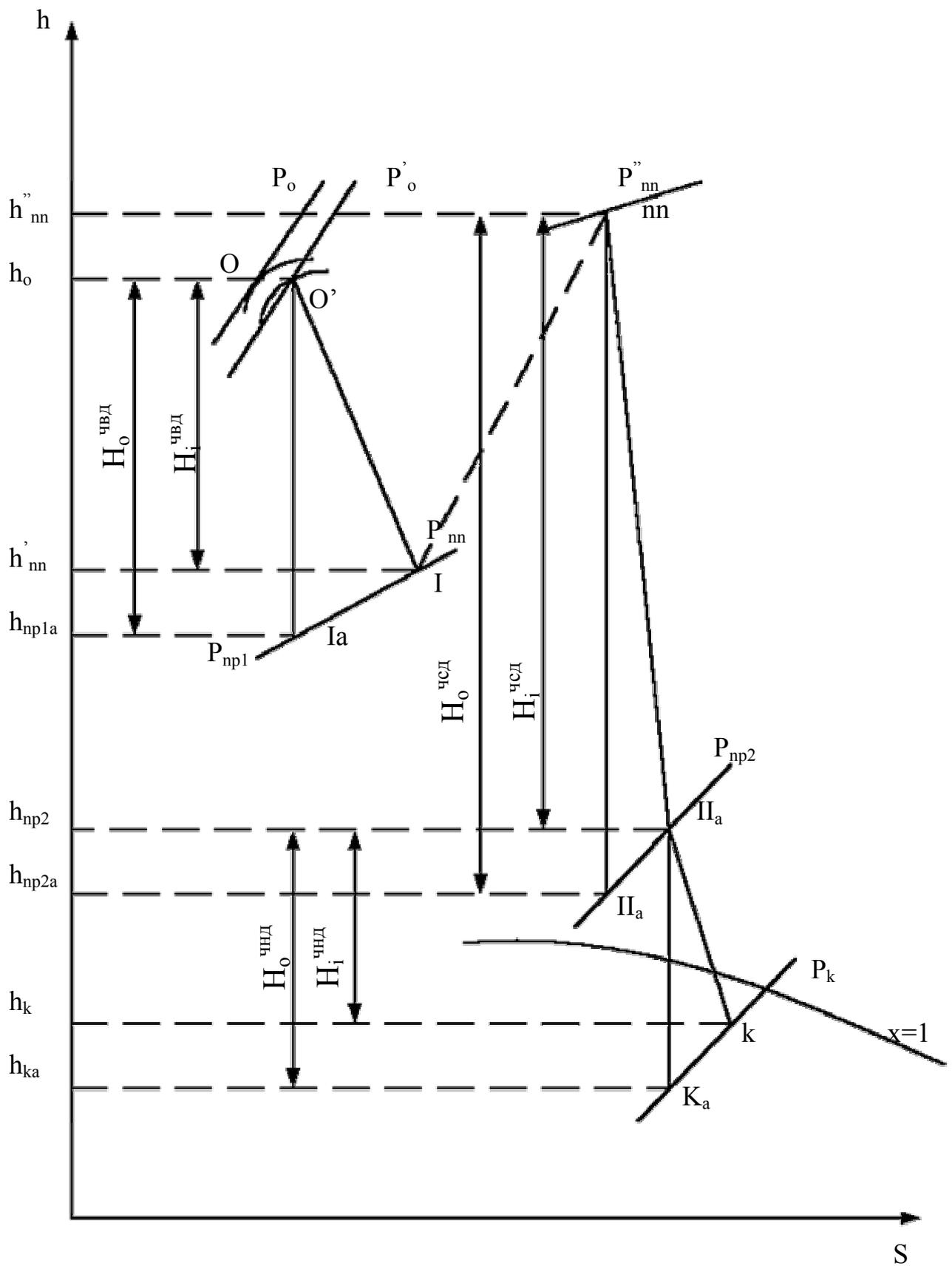


Рис.1. Построение процесса расширения пара в турбине с промежуточным перегревом.

Располагаемый теплоперепад:

$$H^{\text{ЧВД}}_0 = h_0 - h_{\text{прIa}} = 3520 - 3020 = 500 \text{ кДж/кг.}$$

Действительный теплоперепад:

$$H^{\text{ЧВД}}_i = H^{\text{ЧВД}}_0 \cdot \eta^{\text{ЧВД}}_{oi} = 500 \cdot 0,846 = 423 \text{ кДж/кг.}$$

Значение $\eta^{\text{ЧВД}}_{oi}$ определяется из табл. 4 приложения 2.

Энтальпия пара после ЧВД:

$$h_{\text{прI}} = h_0 - H^{\text{ЧВД}}_i = 3520 - 423 = 3027 \text{ кДж/кг.}$$

По давлению пара после ЧВД $P_{\text{прI}}$ и энтальпии пара $h_{\text{прI}}$ в h - S диаграмме определяется точка I, которая характеризует состояние пара перед промежуточным перегревом или, если его нет, перед ЧСД. $h_{\text{прI}} = h'_{\text{mn}}$.

ЧСД.

По заданным параметрам пара после промежуточного перегрева $P''_{\text{mn}} = 2,25 \text{ МПа}$ и $t''_{\text{mn}} = 565^\circ\text{C}$ в h - S диаграмме определяем энтальпию пара после промперегрева (на входе ЧСД) в точке n.n.

$$h''_{\text{mn}} = 3610 \text{ кДж/кг.}$$

Давление пара после расширения его в ЧВД ориентировочно определяется из соотношения

$$P_{\text{прII}} \approx \frac{P_{\text{прI}}}{20} = \frac{2,35}{20} = 0,117 \text{ МПа.}$$

По данным таблицы 4 определяем точное значение давления:

$$P_{\text{прII}} = P_{6 \text{ отб}} = 0,121 \text{ МПа.}$$

В h - S диаграмме из точки n.n. опускаем адиабату до пересечения с изобарой $P_{\text{прII}}$, получаем точку IIa, которая характеризует состояние пара после ЧВД; энтальпия пара, определяемая по h - S диаграмме

$$P_{\text{прIIa}} = 2775 \text{ кДж/кг.}$$

Располагаемый теплоперепад:

$$H^{\text{ЧСД}}_0 = h''_{\text{nn}} - h_{\text{прIIa}} = 3610 - 2775 = 835 \text{ кДж/кг.}$$

Действительный теплоперепад:

$$H^{\text{ЧСД}}_i = H^{\text{ЧСД}}_0 \cdot \eta^{\text{ЧСД}}_{oi} = 835 \cdot 0,882 = 736 \text{ кДж/кг.}$$

Энтальпия пара после ЧВД:

$$h_{\text{прII}} = h''_{\text{nn}} - H^{\text{ЧСД}}_i = 3610 - 736 = 2874 \text{ кДж/кг.}$$

В h-S диаграмме находим точку II, которая характеризует состояние пара после его расширения в ЧВД (на пересечении $h_{\text{прII}} = \text{const}$ и $P_{\text{прII}} = \text{const}$).

ЧНД.

Строим в h-S диаграмме процесс адиабатного расширения пара. Для этого из точки II опускаем адиабату до пересечения с изобарой $P_{\text{к}} = 0,0035 \text{ МПа}$ – давление отработавшего пара, получаем точку ка и в ней определяем энтальпию

$$h_{\text{ка}} = 2310 \text{ кДж/кг.}$$

Располагаемый теплоперепад:

$$H^{\text{ЧНД}}_0 = h_{\text{прII}} - h_{\text{ка}} = 2874 - 2310 = 564 \text{ кДж/кг.}$$

Действительный теплоперепад:

$$H^{\text{ЧНД}}_i = H^{\text{ЧНД}}_0 \cdot \eta^{\text{ЧНД}}_{oi} = 564 \cdot 0,866 = 488 \text{ кДж/кг.}$$

Энтальпия отработавшего пара:

$$h_{\text{к}} = h_{\text{прII}} - H^{\text{ЧНД}}_i = 2874 - 488 = 2386 \text{ кДж/кг.}$$

В h-S диаграмме находим точку К, которая характеризует состояние отработавшего пара в турбине (на пересечении $h_{\text{к}} = \text{const}$ и $P_{\text{к}} = \text{const}$).

О' – I, nn – II, II-К – процессы действительного расширения пара в ЧВД, ЧСД и ЧНД соответственно.

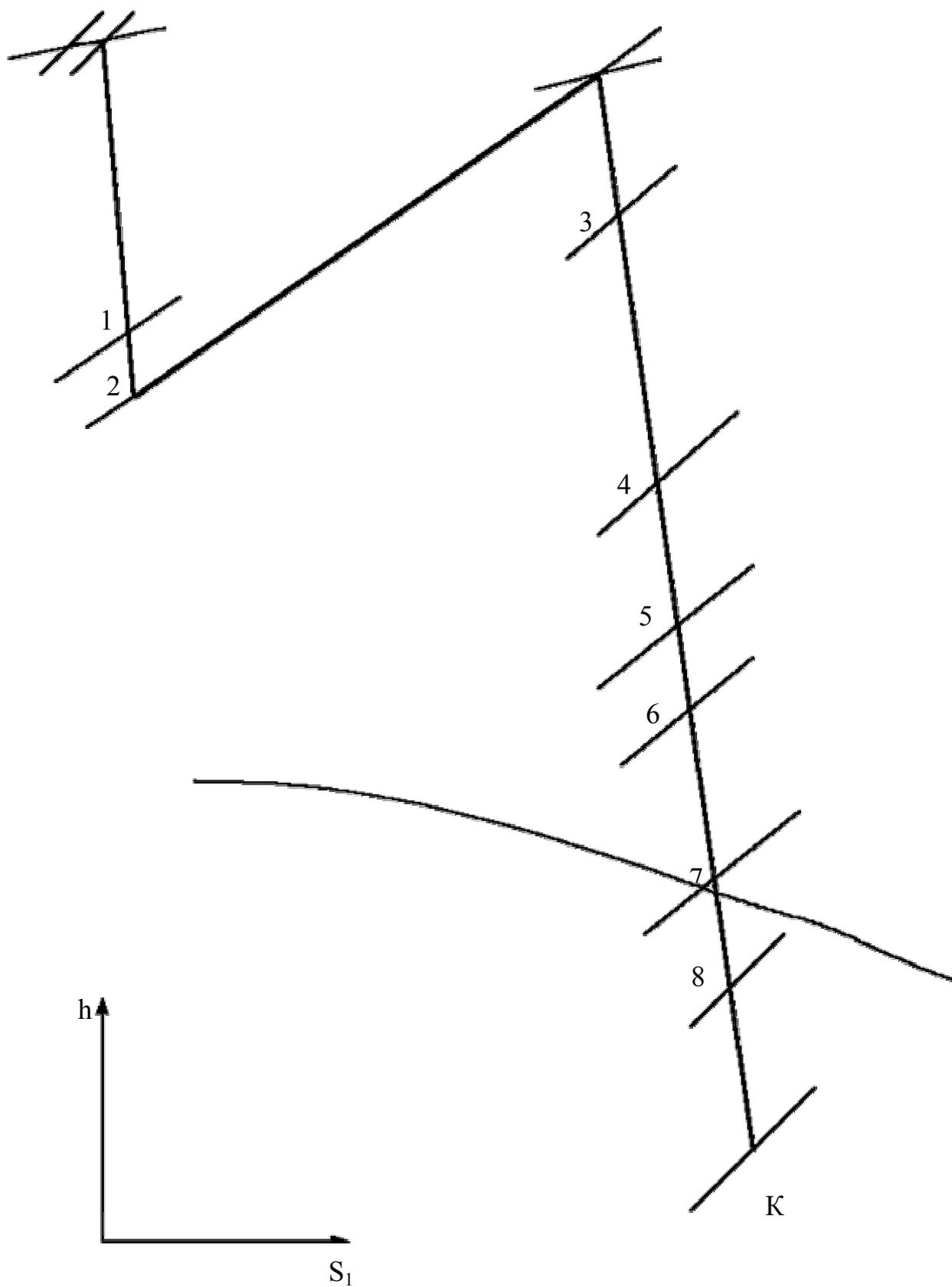


Рис. 2. Процесс расширения пара в h - s диаграмме в турбине К-800-240