

DOI: 10.30987/conferencearticle_5e02820fd2c9.65853622
УДК 536.717-52

В.А. Павлюков, А.В. Коваленко, М.Р. Герасименко, Е.А. Яковлева
(г. Донецк, Донецкий национальный технический университет)
V.A. Pavlyukov, A.V. Kovalenko, M.R. Gerasimenko, E.A. Yakovleva
(Donetsk, Donetsk National Technical University)

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПОСТРОЕНИЯ ПРОЦЕССА РАСШИРЕНИЯ ПАРА В ТУРБИНЕ В HS-ДИАГРАММЕ В СРЕДЕ ПАКЕТА AUTOCAD

AUTOMATION OF CONSTRUCTION OF THE STEAM EXPANSION PROCESS IN TURBINE IN THE HS-DIAGRAM IN THE ENVIRONMENT OF THE AUTOCAD PACKAGE

Разработана программа в среде пакета AutoCAD, осуществляющая автоматизацию построения процесса расширения пара в турбине в HS-диаграмме, а также обработку точек реальных процессов в отсеках турбины.

The program was made in AutoCAD environment package. It makes steam expansion process in the turbine in hs-diagram automatic and working with points of true process in turbine compartments.

Ключевые слова: hs-диаграмма водяного пара, редактор AutoCAD, процесс расширения пара в турбине, отсек турбины, программа построения и обработки.

Keywords: hs-diagram for steam, AutoCAD Editor, steam expansion process in a turbine, turbine compartment, building and processing program.

При проектировании, конструировании и эксплуатации паровых турбин на электростанциях выполняется моделирование процесса расширения пара в турбине на hs-диаграмме. На сегодняшний день существуют различные примеры автоматизации процесса расширения пара, в том числе и представленные в [1]. Последние обладают высокой точностью, но их главным недостатком является тот факт, что методика расчета скрыта от пользователя внутри самой программы, а также отсутствует визуализация на hs-диаграмме построения треугольников расширения пара: на ней отображаются лишь полученные в процессе расчета конечные точки процесса расширения пара по отсекам турбины. Кроме того, в [1] расчет автоматизирован только для двух конденсационных турбин мощностью 200 и 300 МВт.

Методика автоматизации процесса расширения пара в турбине в среде пакета AutoCAD разработана на кафедре «Электрические станции» в ДонНТУ. Код программы расчета был написан с использованием [2] на внутреннем алгоритмическом языке AutoLisp и VLisp. В качестве исходной была использована построенная в пакете AutoCAD hs-диаграмма,

датированная 2006 годом. Ее авторство, к сожалению, нам установить не удалось.

При подготовке электронного варианта *hs*-диаграммы к автоматизации было выполнено ее редактирование. Все изобары и изотермы, имеющие разрывы, с помощью прикладной Lisp-функции *2pln->1pln* были заменены непрерывными полилиниями. Для идентификации изобары и изотермы были помечены с помощью специально созданных графических блоков *isobara* и *isoterma* с атрибутами *P* и *T* соответственно, определяющими величины давлений и температур.

Алгоритм построения процесса расширения пара в отдельном отсеке цилиндра паротурбинной установки на *hs*-диаграмме заключается в следующем: сначала проводится построение адиабатного процесса, представляющего собой вертикальный отрезок между начальной точкой процесса и изобарой его окончания. На полученном отрезке от начальной точки откладывается длина отрезка, уменьшенная на значение внутреннего относительного КПД отсека турбины. Из полученной точки проводится горизонталь до пересечения с изобарой в конце отсека. Точка пересечения этой изобары с горизонталью является искомой точкой реального процесса расширения пара в отсеке. В нее программно устанавливается графический блок с именем *point*. Хранение введенных данных процесса расширения пара в отсеке осуществляется с помощью атрибутов указанного блока. Кроме того, данный блок пользователь должен самостоятельно установить в начальные точки расширения пара перед цилиндрами высокого (ЦВД) и среднего давления (ЦСД).

Построение процесса работы пара в отдельном отсеке турбины осуществляет прикладная функция с именем *Is*, которая вызывается на выполнение из командной строки редактора. Построение начинается с указания пользователем на диаграмме начальной точки процесса. После этого он последовательно должен ввести: давление пара в конце отсека в атмосферах, внутренний относительный КПД отсека турбины в о.е. и обозначение процесса на диаграмме (либо номер отбора пара, либо К или КТПН, обозначающие конденсаторы основной турбины и турбины привода питательного насоса соответственно). Для построения всего процесса расширения пара в турбине указанную функцию пользователь должен выбрать многократно.

По окончании построения процесса расширения пара в турбине с помощью прикладной Lisp-функции с именем *Is_doc* производится обработка полученных точек реального процесса с целью более точного определения их энтальпий и температур. Для этого горизонтальные линии сетки со значениями энтальпий были предварительно обработаны и помещены в списки. Результаты обработки точек процесса расширения пара сортируются и заносятся в итоговую таблицу.

Описываемая программа в течение многих лет успешно используется студентами ДонНГУ при выполнении курсовой работы по дисциплине

«Тепловая часть электрических станций» при расчете тепловых схем энергоблоков мощностью 100 – 800 МВт. Преимущества разработанного программного обеспечения заключаются в автоматизации достаточно сложного процесса ручного построения треугольников расширения пара на h_s -диаграмме, наглядности и точности машинных построений.

В качестве примера в статье произведены расчеты параметров пара для турбины К-300-240 ЛМЗ, технические характеристики которой были взяты из [3-4]. Пример построения треугольников расширения пара в отсеках этой турбины для ее ЦВД изображен на рисунке 1, а для ЦСД и ЦНД – на рисунке 2. На рис. 3 приведена машинная таблица обработки точек реального процесса расширения пара в указанной турбине.

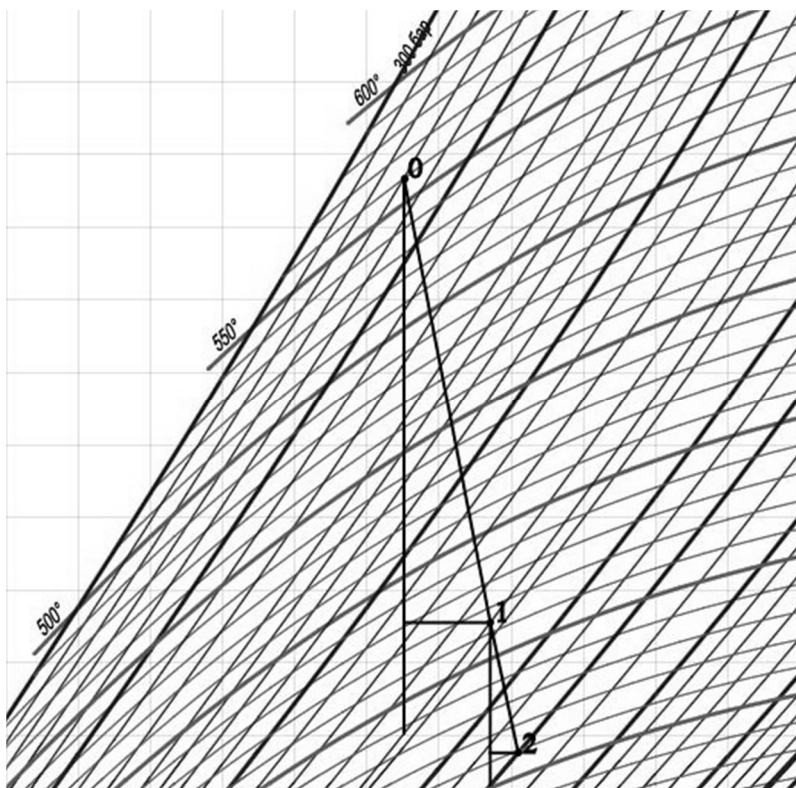


Рис. 1. Пример построения на h_s -диаграмме процесса расширения пара в ЦВД

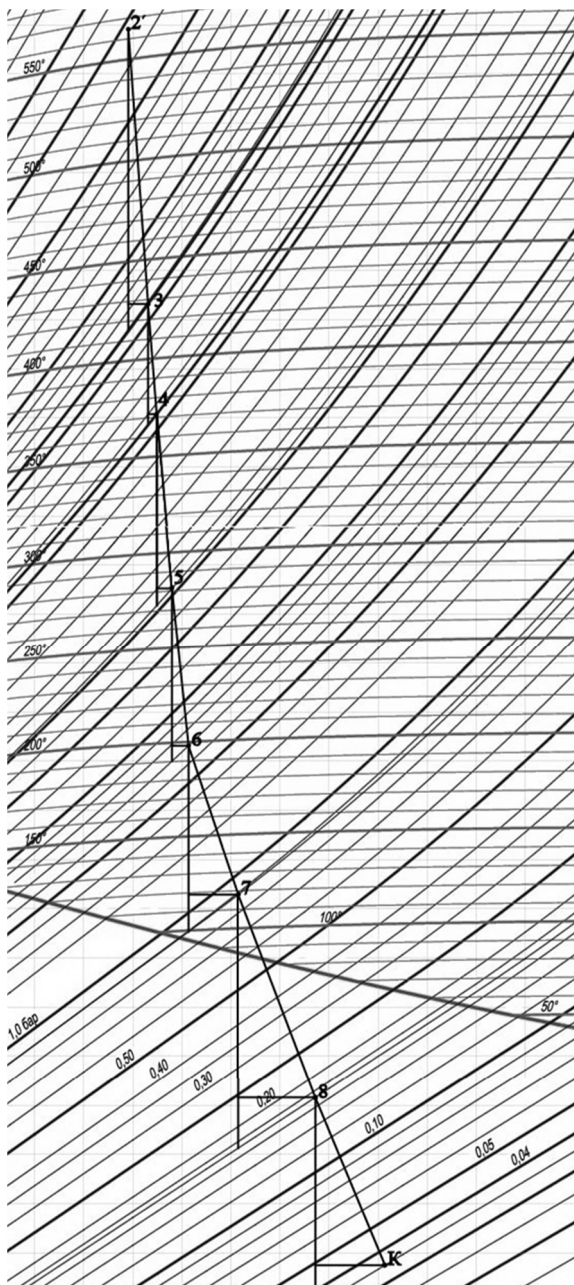


Рис. 2. Пример построения на h - s -диаграмме процесса расширения пара в ЦСД и ЦНД

Параметры процесса расширения пара в турбине				
Обозначение точки процесса	Давление, бар	КПД отсека, о.е.	Энтальпия, кДж/кг	Температура, град
0	240		3383.8	560.0
1	62.4	0.800	3077.9	364.2
2	40.0	0.800	2987.9	309.2
2'	38.0		3595.6	564.7
3	15.9	0.910	3315.8	427.7
4	10.6	0.910	3203.3	371.6
5	5.15	0.910	3026.4	281.3
6	2.4	0.910	2865.5	198.0
7	0.895	0.800	2714.2	117.9
8	0.172	0.800	2507.8	
К	0.035	0.800	2337.5	

Рис. 3. Пример машинной таблицы с результатами обработки процесса расширения пара в турбине

Список литературы

1. *Очков, А.В.* Интерактивный сетевой расчет и графическая иллюстрация основных термодинамических циклов (ThermodynamicCycleson WEB) [Электронный ресурс] Дистанционное обучение в МЭИ (ТУ), 2009. – URL: <http://twt.mpei.ac.ru/ТТНВ/2/ThermCycleMCS.html>.
2. *Полещук, Н.Н.* Программирование для AutoCAD 2013–2015 / Н.Н. Полещук. – М.: ДМК Пресс, 2015. – 462 с.
3. *Костюк, А.Г.* Турбины тепловых и атомных электрических станций: Учебник для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. / А.Г. Костюк, В.В. Фролов, А.Е. Булкин, А.Д. Трухний; Под ред. А.Г. Костюка, В.В. Фролова. – М.: Издательство МЭИ, 2001. – 488 с.
4. Паротурбинные установки: каталог / [ред. Бутина В.Н., Боровкова Р.П.]. – Москва: НИИИНФОРМТЯЖМАШ, 1975.

Материал поступил в редколлегию 10.10.19.