

1. УДК 621.

## **АВТОМАТИЗАЦИЯ ПОСТРОЕНИЯ ПРОЦЕССА РАСШИРЕНИЯ ПАРА В ТУРБИНЕ В IS-ДИАГРАММЕ**

**В.А. Павлюков, В.И. Костенко**

**ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»**

*Розроблена програма автоматизації побудови процесу розширення пари в турбіні в is-діаграмі, що дозволить прискорити та підвищити якість виконання розділів курсових та дипломних проєктів, які пов'язані з розрахунками теплових схем енергоблоків теплових та атомних електростанцій.*

При проектировании и эксплуатации паросиловых установок, включающих паровые турбины привода генераторов, мощных насосов, турбовоздухонасосов и турбокомпрессоров, выполняется построение процесса расширения пара в турбине в is-диаграмме. Мощные турбины АЭС, ТЭС и ТЭЦ разделены на цилиндры высокого (ЦВД), среднего (ЦСД) и низкого (ЦНД) давлений, а также содержат до 10 нерегулируемых (для потребностей регенерации) и регулируемых отборов пара. В связи с этим общий процесс расширения пара в турбине разбивается на ряд частей (подпроцессов): между входом и выходом турбины, выходом ЦВД и входом ЦСД (при наличии промежуточного перегрева пара), а также между отдельными отборами турбины. На общей диаграмме также строится процесс расширения пара во вспомогательной турбине привода питательного насоса.

Технология построения подпроцесса расширения пара в отдельном отсеке цилиндра в is-диаграмме выполняется следующим образом. Вначале проводится построение адиабатного процесса в виде отрезка вертикальной линии между начальной точкой подпроцесса и изобарой его окончания. На полученном отрезке откладывается от начальной точки величина отрезка, уменьшенная на значение КПД отсека турбины. Из полученной точки проводится горизонталь до пересечения с изобарой окончания подпроцесса. Точка пересечения последней с горизонталью является искомой точкой реального подпроцесса расширения пара. Описанная технология требует скрупулёзных графических построений на бумажном носителе.

В библиотеке ДонНТУ is-диаграммы водяного пара используются студентами различных специальностей в течение многих десятков лет и оказались практически непригодными для использования.

В МЭИ был разработан электронный вариант is-диаграммы, построенный в среде графического редактора AutoCAD. В отдельных слоях этого рисунка расположены: 84 изобары и изотермы. В отдельный слой вынесены также отрезки линий энтальпий и энтропий. Изобары и изотермы выполнены с помощью полилиний с линейными участками между их узловыми точками. Диаграмма также может конвертироваться в графический редактор «Компас».

В течение нескольких последних лет студенты специальности «Электрические станции» использовали электронный вариант is-диаграммы,

что позволило повысить качество проектирования за счёт более высокой точности построения процесса расширения пара в турбине. При этом от студентов требовались навыки работы в указанных выше графических редакторах.

В 2012-2013 учебном году магистрантом Дмитриевым Михаилом была выполнена специальная курсовая работа, темой которой явилась разработка программы автоматизации описанного выше процесса расширения пара в турбине в *is*-диаграмме. Программа написана на внутреннем алгоритмическом языке AutoLisp.

При подготовке диаграммы к автоматизации было выполнено объединение имеющих разрывы изобар. Затем ко всем изобарам, для отображения их величины давления, были прикреплены специально созданные блоки с именем *izobara* и атрибутом *P*, идентифицирующим величину давления.

В первой части программы идет обработка данных о всех изобарах диаграммы, которые затем заносятся в список *Pcon*. В каждом его подписке располагаются данные об одной изобаре: величине ее давления, координатах *X, Y* узловых точек полилинии и ее имени.

Построение подпроцесса осуществляет функция с именем *is*, которая вызывается на выполнение из командной строки указанного редактора. Построение отдельного треугольника подпроцесса расширения пара начинается с указания на *is*-диаграмме начальной точки процесса *Pb*. После этого последовательно вводятся: давление пара в конце подпроцесса расширения, атм; КПД отсека турбины (ЦВД, ЦСД, ЦНД и ТПН) в о.е. и обозначение подпроцесса расширения пара (номер отбора пара или *K* – конденсатор основной турбины; *КТПН* – конденсатор турбины привода питательного насоса).

Программно находится одна (в случае совпадения давления в конце *i*-того подпроцесса расширения пара (*Potb*) с давлением изобары) или две ближайшие изобары. В первом случае определяется точка *Pa* пересечения адиабаты, опущенной с точки *Pb* начала подпроцесса расширения пара, с найденной изобарой конца подпроцесса расширения пара. Затем определяется точка *Pa* путем умножения длины отрезка *Pb - Pa* на КПД отсека турбины. И, наконец, определяется точка *Pг* реального подпроцесса расширения пара, как пересечение найденной изобары с горизонталью, проведенной через точку *Pa* (рисунок 1).

В случае несовпадения величины давления *Potb* с давлением одной из изобар указанные выше точки находятся по двум изобарам, проходящим выше и ниже *Potb*. Далее строится вспомогательная изобара, проходящая через *Potb*. На ней находятся, как это описано выше, точки *Pa* и *Pг*. В точку *Pг* затем устанавливается точка и обозначение подпроцесса. Работа, описанная выше, повторяется по количеству подпроцессов расширения пара в турбине. Треугольники расширения пара строятся последовательно, начиная с первого, соответствующего входу в турбину, и до самого выхода из турбины.

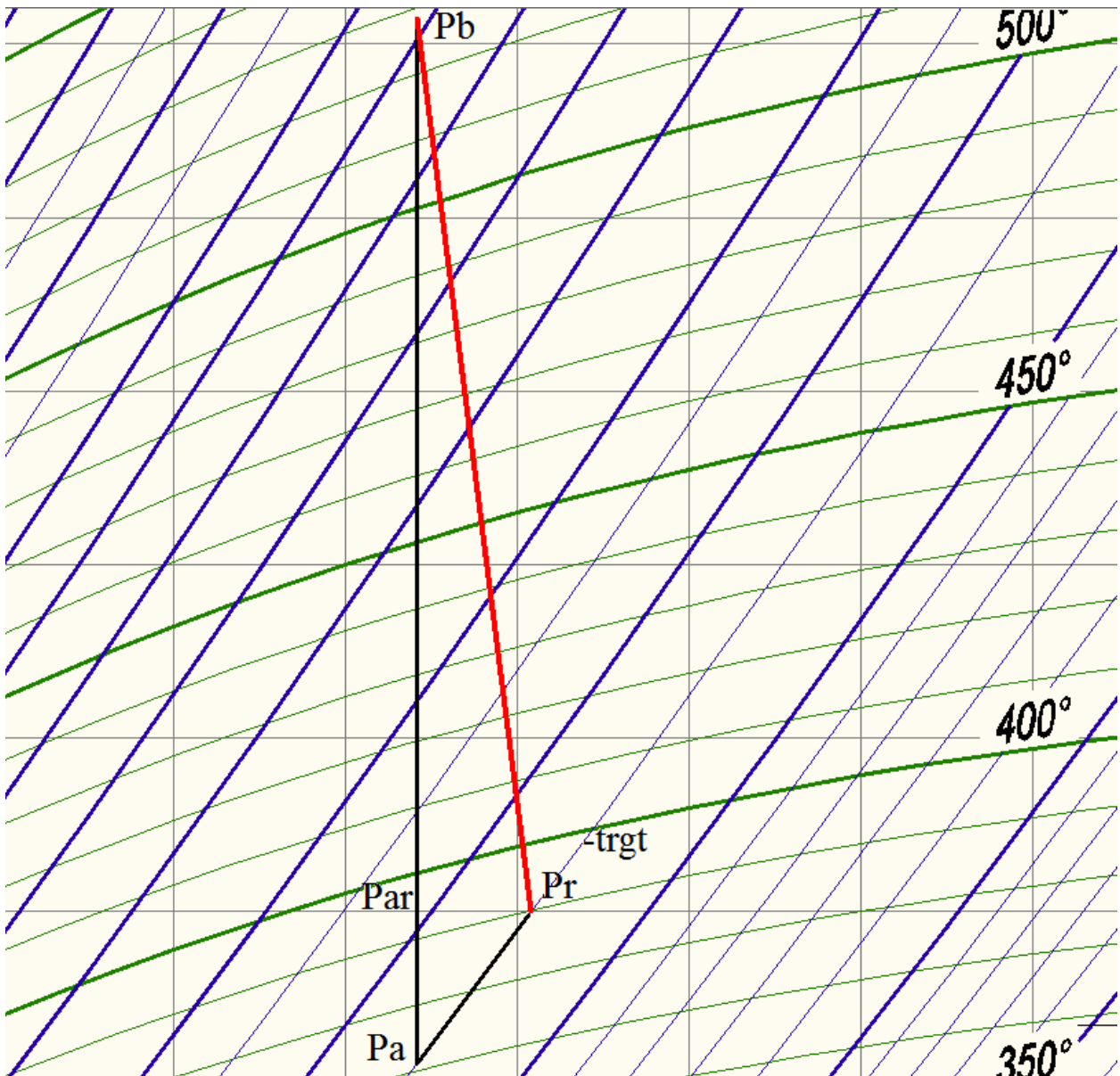


Рисунок 1 - Фрагмент электронного варианта is-диаграммы с построением подпроцесса расширения пара в одном из отсеков турбины

Разработанная программа позволит повысить качество выполнения курсовых работ и разделов дипломных проектов, связанных с расчетом тепловых схем энергоблоков.

