

Khvostikov A.S., Korneeva D.K.

STUDY WAYS TO IMPROVE THE AERODYNAMICS OF STEAM PIPELINES TPP

Khvostikov A.S., Russian Federation, Candidate of technical Sciences, associate Professor, Komsomolsk-na-Amure State Technical University

Korneeva D.K. Russian Federation, master student, Komsomolsk-na-Amure State Technical University

Abstract

Work is devoted to research of the aerodynamic resistance of steam pipelines at thermal power stations. Numerical simulation of elements of pipe fittings by using CFD (Computational Fluid Dynamics) software and Ansys been substantiated ways of improving of steam pipelines TPP.

Keywords: aerodynamic resistance, thermal power stations, pipe fittings.

Основу полной тепловой схемы составляют главные трубопроводы ТЭС, к которым относятся главные паропроводы и главные питательные трубопроводы, обеспечивающие главные связи между основным оборудованием – котельными и турбинными агрегатами. При этом известно, что в протяженных трубопроводах при значительных скоростях среды местные потери полного давления (местные сопротивления) могут повлечь за собой существенные потери расходов у потребителей.

Особенно эта проблема актуальна для неблочных ТЭС, так как такая схема соединения основного оборудования энергоблока заставляет проектировщиков устанавливать наибольшее число запорно-регулирующей арматуры, тройников и другие элементу трубопровода. Неблочная схема с поперечными связями сохраняется на большинстве действующих теплоэлектроцентралей (ТЭЦ). На рисунке 1 показана принципиальная тепловая схема ТЭС с поперечными связями из которой видно наличие большого количество арматуры по сравнению блочных ТЭС

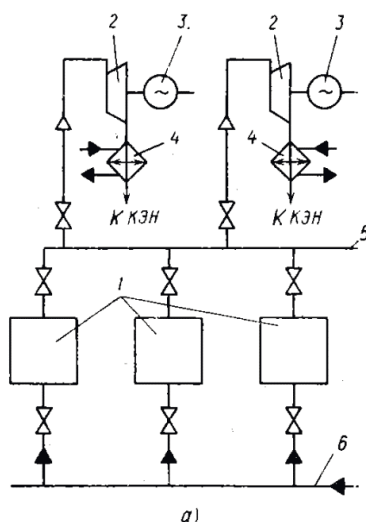


Рис. 1 Принципиальная тепловая схема ТЭС с поперечными связями. 1 - котел, 2- турбина, 3 - электрический генератор 4 - конденсатор, 5 - главный паропровод 6 - питательная магистраль.

В настоящее время требования эффективности, энергосбережения, тотальной оптимизации производства заставляют по-новому взглянуть на многие вопросы и аспекты проектирования, реконструкции и эксплуатации трубопроводов и паропроводов, поэтому учет местных сопротивлений в тройниках, развилках и штуцерах в гидравлических расчетах трубопроводов становится актуальной задачей.

Для повышения надежности энергооборудования «Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей РФ» предусматривает использование в качестве элементов для ответвления паропроводов острого пара литых или штампованных тройников. При установке литых и штампованных тройников особенно актуально встает вопрос о необходимости расчета потерь давления в паропроводе в том числе для оптимизации выбора диаметра трубопровода при проектировании электростанции. При увеличении скорости уменьшается диаметр, масса и стоимость трубопровода, однако одновременно возрастают гидравлические потери, что приводит в ряде случаев к снижению экономичности установки и перерасходу топлива. Кроме того при этом возрастают затраты на перекачку среды, что требует повышения затрат на замещающей станции энергосистемы, в некоторых случаях с увеличением гидравлических потерь в данном трубопроводе возрастают капиталовложения в другое оборудование ТЭС. Например, при

увеличении потерь давления в главном трубопроводе возрастает, давление в пароводяном тракте котельного агрегата, а значит, и его стоимость. Потери давления на протяжении паропровода острого пара 130 ата составляет примерно 5 ата, что заставляет в котлоагрегате намерено завышать давление на питательных насосах.

Аэродинамические потери в любом элементе паропровода состоят из местных потерь и потерь на трение. Местные аэродинамические потери возникают при поворотах потока, изменениях сечения паропровода, при объединении потоков. При поворотах потока, происходит его отрыв от стенки канала (особенно на внутренней стороне канала), образуются вихри, что приводит к потере энергии и полного давления потока. Потери энергии возникают и при соударении потоков при их объединении, а также при резком изменении сечения канала. Стенки паропроводов имеют шероховатость и, при движении потока, часть энергии теряется при трении о стенки паропровода, приводя к потерям на трение.

Местные аэродинамические потери на каждом участке паропровода в соответствии с рассчитываются по формуле

$$\Delta P = \xi_M P_{di},$$

где ξ_M - коэффициент местных потерь; P_{di} - динамическое давление газов на рассматриваемом участке паропровода.

Для большинства элементов, применяемых в паропроводе энергоблока, значения коэффициентов местных потерь приведено в [1]. Необходимо отметить, что в [1] приводятся коэффициенты местных потерь элементов при наличии входного и выходного участков, длина которых должна составлять $l \geq (8 \div 10)d_{экр}$. При отсутствии входных и выходных участков коэффициенты местных потерь для различных элементов паропровода могут значительно отличаться от значений, приведенных в нормативной литературе. Наличие входного и выходного участков позволяет сформировать профиль скорости до и после прохождения элемента. На сложных участках паропроводов, когда один элемент следует сразу за другим или присутствуют нестандартные элементы, применение для расчета коэффициентов местных потерь из [1] может привести к большой погрешности. Поэтому в таких случаях требуется проведение исследований на физической или на математической модели.

В зависимости от выполнения коэффициент местных потерь поворота на 90° без изменения сечения паропровода изменяется от 0,25...до 1,5, т.е. аэродинамические потери давления изменяются в 6 раз. На величину коэффициента местных потерь главным образом влияет отношение радиуса скругления внутренней кромки поворота к ширине паропровода (R/b). Чем больше величина R/b , тем меньше коэффициент

местных потерь при повороте потока. Учитывая большие габариты сечений паропровода и стесненность компоновки, выполнить повороты потока с большим радиусом скругления внутренней кромки ($R/b > 1$) весьма затруднительно, а в ряде случаев не возможно.

Компьютерное моделирование и численное исследование течения газов в элементе паропровода позволяет отказаться от изготовления физических моделей и сократить временные затраты на проведение экспериментов. Так же при проведении компьютерного моделирования возможно достаточно быстро изменить геометрию модели. Результаты моделирования, полученные с использованием современных компьютерных программ, показывают высокую сходимость результатов с нормативными данными и с экспериментальными данными, полученными на действующих объектах [2].

В настоящее время существуют десятки программ, построенных на различных математических методах и позволяющих проводить анализ физических процессов в той или иной постановке. Однако программ, которые обеспечивают проведение междисциплинарных расчетов - одновременного расчета и анализа уравнений из разных областей физики (гидродинамика, прочность, электромагнетизм) далеко не так много. ANSYS сейчас является уникальной системой, объединяющей в одном интерфейсе большинство разделов физики. Кроме того, современная платформа ANSYS Workbench сопрягается с большинством CAD-пакетов и позволяет моделировать физические процессы с использованием построенных в конструкторских программах трехмерных моделей, снимая необходимость передачи модели из одной программы в другую.

Метод конечных элементов, реализованный в программном обеспечении ANSYS, уже достаточно давно применяется для проведения расчетов напряженно-деформированного состояния и расчетного обоснования прочностной надежности оборудования и трубопроводов, используемых в атомной энергетике. Программа ANSYS сертифицирована в соответствии с ISO 9001 и 9000-3. Кроме того, она аттестована Федеральным надзором России по ядерной и радиационной безопасности, входящим в состав Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору. В связи с потребностями развития и совершенствования оборудования масштабы применения данного программного обеспечения постоянно увеличиваются. Вместе с тем подобное программное обеспечение практически не применяется в нефтегазовой, энергетической отрасли, несмотря на существующую потребность в точной оценке надежности вновь создаваемого оборудования и остаточного ресурса эксплуатируемого. Это связано в первую очередь с отсутствием методических разработок в данном направлении, регламентирующих границы и способы применения данного программного обеспечения.

Существует ряд конструктивных решений для снижения гидравлических сопротивлений в стандартных тройниках и узлах переключения магистралей. Одно из самых простых – увеличение размеров самих тройников для снижения в них относительных скоростей среды. При этом тройники необходимо комплектовать переходами, углы расширения (сужения) которых также целесообразно выбирать из ряда гидравлически оптимальных. В качестве универсального тройника со сниженными гидравлическими потерями можно также использовать тройник-развилку с перемычкой (рис. 2) [4].

Проанализировав представленные конструктивные решения с помощью программного комплекса ANSYS можно сделать вывод о предпочтительном варианте тройника-развилки с перемычкой. Хотелось бы отметить, что такой вариант несет за собой необходимость изменения стандарта на изготовление литых и кованных тройников. Значительные экономии потери давления может принести увеличение размеров тройников и применение расширяющихся трубопроводов, а также скругление входных и выходных переходов.

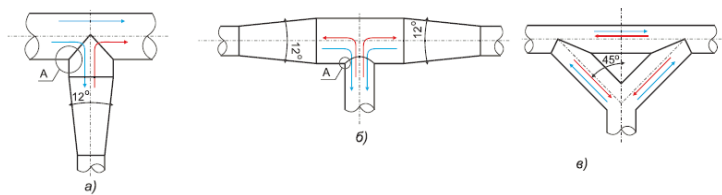


Рис. 2. Снижение гидравлических потерь в тройниках:
а – приточный (вытяжной) тройники с отводом меньшего диаметра; б –
тройник для слияния (разделения) с симметричными переходами; в –
универсальный тройник-развилка с перемычкой.

References:

[1] Idelchik, I. E. Handbook of hydraulic resistances. Ed M. O. Steinberg. – 3rd ed. Rev. and extra –M.: Mashinostroenie, 1992, –672.
 [2] Aksenov A. A., Shmelev V. V., Smirnova M. L., Pankratenko V. V., Netronin I. V., Budnikov V. A., Rogozhkin S. A. certification of the system for simulation of the fluid and gas FlowVision. – CAD and graphics, 2006, № 4, – pp. 2-7.
 [3] A. V. Beloborodov, A. P. Komarov, G. N. Nowakowski, M. M. Erofeev Application of program complex ANSYS to calculation of valve// CAD and graphics 2008 No. 10 SS. 80-82.
 [4] S. B. Gorunovich pressure Loss in pipelines. Tees news heat 2010 No. 4, PP 15-21