

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ ИСПЫТАНИЙ НА ИРИКЛИНСКОЙ ГРЭС И ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМЫ ВАКУУМИРОВАНИЯ ПАРОТУРБИННОЙ УСТАНОВКИ

А.Р. Исмагилов

На Ириклинской ГРЭС были проведены испытания основных водоструйных одноступенчатых вакуумных насосов ЭВ-7-1000 паротурбинных установок К-300-240. Целью испытаний являлось определение их характеристик, выражающих зависимости давления всасывания p_2 от массового расхода воздуха m_r при нескольких значениях давления рабочей воды p_1 перед эжекторами.

Принципиальная гидравлическая схема системы вакуумирования паротурбинных установок К-300-240 приведена на рис. 1. В систему входят два основных водовоздушных эжектора (ВВЭ) ОЭ-А и ОЭ-Б, предназначенных для отсоса воздуха из конденсатора, и два вспомогательных эжектора - для отсоса воздуха из циркуляционной системы и вакуумных уплотнений турбины. Подача холодной воды к соплам эжекторов осуществляется центробежными насосами из напорной гидролинии циркуляционной системы. Сброс водовоздушной смеси происходит в сливной водовод циркуляционной системы.

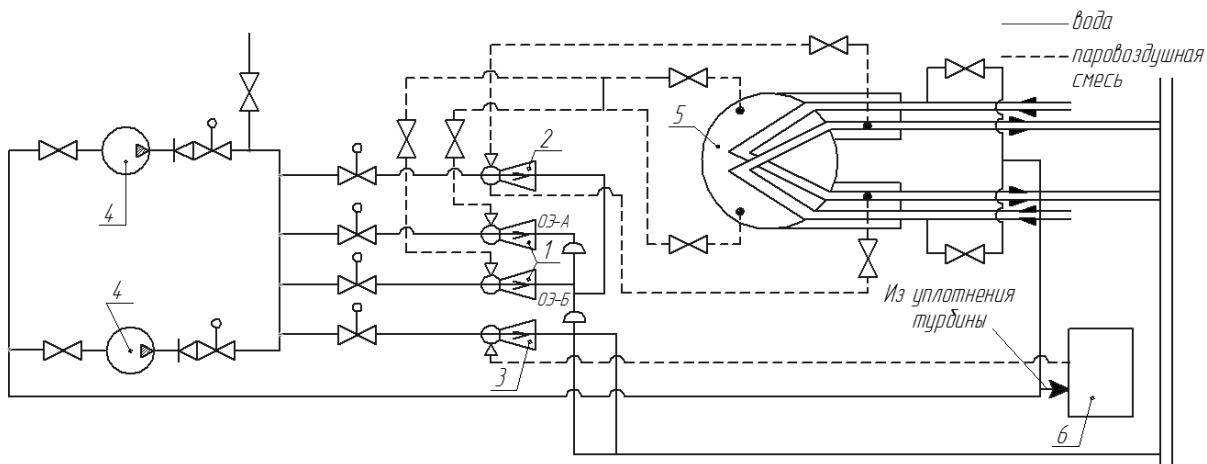


Рис. 1. Схема эжекторной установки турбины *K-300-240*: 1 – основные семиканальные эжекторы *ОЭ-А* и *ОЭ-Б*; 2 – одноканальный эжектор для циркуляционной системы; 3 – одноканальный эжектор уплотнений; 4 – центробежные насосы; 5 – конденсатор; 6 – охладитель паровоздушной смеси

Эжекторы *ЭВ-7-1000* конструкции ВТИ представляют собой семь параллельно включенных бездиффузорных проточных частей (каналов) с общими приемной камерой, напорным и сливным трубопроводами [1, 3].

Принципиальная схема водовоздушного эжектора с контрольно-измерительными приборами показана на рис. 2.

Измерение давления всасывания $p_2^{\text{вак}}$ производилось ртутным U-образным мановакуумметром *M3* с ценой деления 0,5 мм, давление $p_1^{\text{изб}}$ измерялось образцовым манометром *M1*, а давление за эжектором $p_5^{\text{вак}}$ – образцовым вакуумметром *M2*. Абсолютное давление в помещении цеха p_6 определялось с помощью барометра анероидного типа. Температура воздуха $t_{\text{в}}$ измерялась цифровым анемометром, а температура жидкости $t_{\text{ж}}$ – с помощью специальных датчиков. Измерение массового расхода воздуха $m_{\text{г}}$ осуществлялось при помощи расходомера *P1*, представляющий из себя расходомерное сходящееся сопло, при котором расход воздуха определялся из соотношения для критического режима. По показателям образцового манометра и вакуумметра, ртутного U-образного мановакуумметра и барометра рассчитывались абсолютные давления перед соплом p_1 , в камере p_2 , за эжектором p_5 и давление атмосферы p_6 .

По результатам испытаний были получены характеристики для эжекторов *ОЭ-А* (кривая 1) и *ОЭ-Б* (кривая 2), в которых каждому давлению всасывания p_2 был сопоставлен массовый расход воздуха $m_{\text{в}}$ (рис. 3). Также на этом рисунке изображена характеристика 3, заявленная заводом-изготовите-

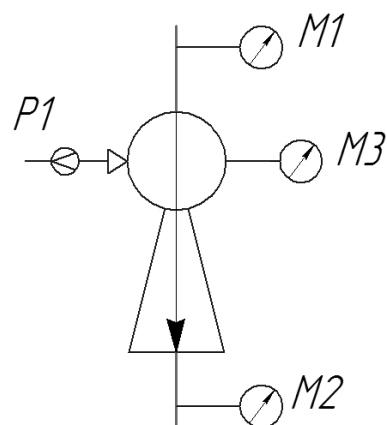


Рис. 2. Схема измерения параметров эжектора

лем, которая реально не достижима [1]. Видно, что давление всасывания эжекторов *ОЭ-А* и *ОЭ-Б* при нулевом расходе воздуха равно давлению насыщенных паров воды при температуре воды $t = 10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Характеристики эжекторов *ОЭ-А* и *ОЭ-Б* в области массового расхода воздуха $m_v = 0 \dots 46\text{ кг/ч}$ совпадают, затем начинается расхождение, обусловленное, видимо, характером монтажа оборудования и особенностями проточной части эжекторов.

При одинаковых присосах воздуха m_v характеристики эжекторов *ОЭ-А* и *ОЭ-Б* по сравнению с характеристикой, заявленной заводом-изготовителем, имеют большую величину давления всасывания p_2 , что указывает на ухудшение характеристик. Например, при расходе воздуха $m_v = 40\text{ кг/ч}$, давление всасывания при реальной работе эжекторов составляет $p_2 = 8,2\text{ кПа}$ (кривые 1 и 2), тогда как заявляемое давление всасывания равно $p_2 = 2,3\text{ кПа}$ (кривая 3).

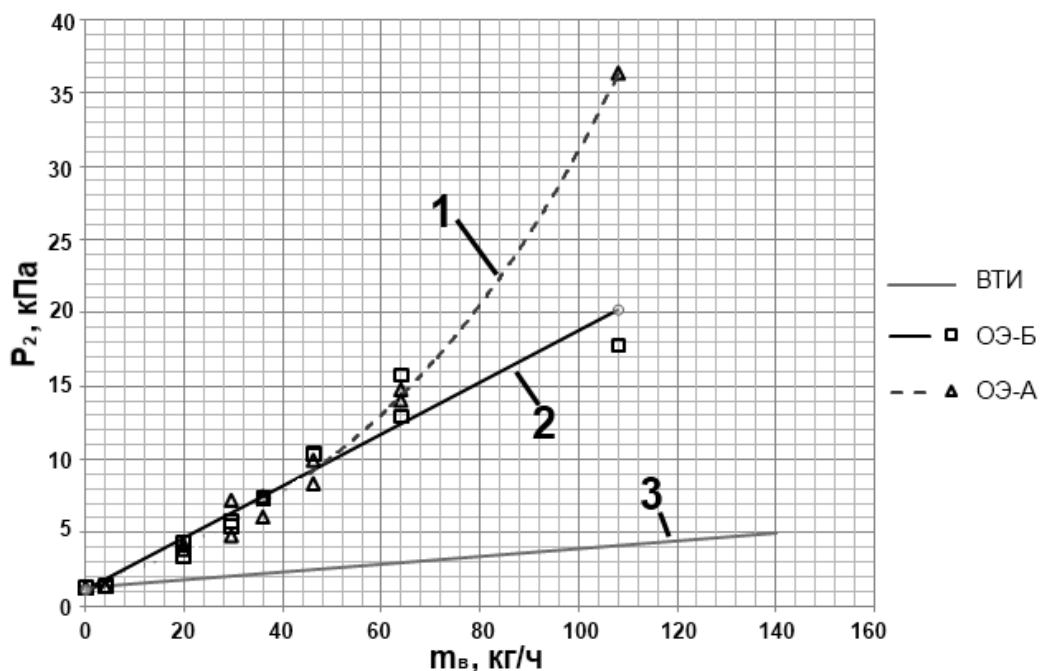


Рис. 3. Характеристики основных эжекторов *ОЭ-А* и *ОЭ-Б* и характеристика, заявленная разработчиком (ВТИ)

Ухудшение действительных характеристик *ОЭ-А* и *ОЭ-Б* по сравнению с характеристикой, заявляемой разработчиком, может быть обусловлено нижеследующими причинами:

– конструктивными особенностями самого эжектора, а именно трудностью обеспечивать при монтаже соосности смесительной камеры и соплового блока, в результате чего высоконапорная струя ударяется в стенку смесительной камеры, возникают дополнительные потери кинетической энергии, а вместе с ней и падает эффективность рабочего процесса аппарата. При этом от ударов струй повышается уровень вибрации и, следовательно, снижается надежность эжектора;

– большой продолжительностью эксплуатации, которая превышает 30 лет. Можно ожидать, что за это время произошло ухудшение геометрии проточной части, вызванное различными наростами на стенках рабочей камеры, повлекшее за собой увеличение сопротивления, а вместе с ней и дополнительными потерями энергии.

Усовершенствовать рабочий процесс эжектора можно путем модернизации проточной части аппарата, тем самым реализуя его потенциальные возможности и осуществляя переход на более эффективный режим работы. Модернизировать можно, например, путем увеличения числа струй воды, формируемых сопловым устройством [2]. Одна из возможных конструкций эжектора нового поколения показана на рис. 4.

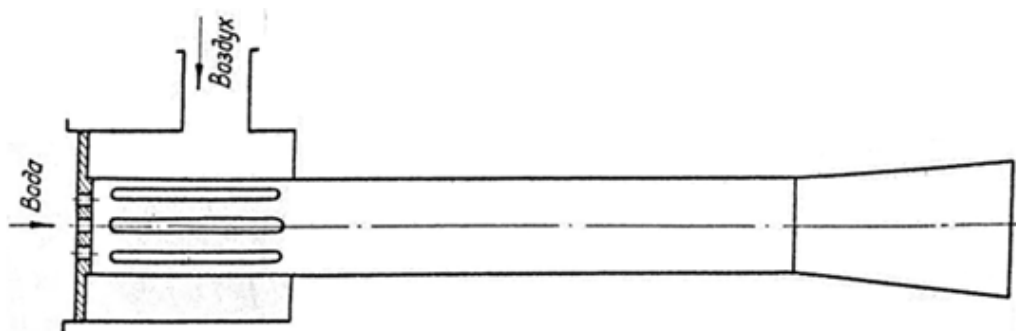


Рис. 4. Водовоздушный эжектор

Здесь обеспечение соосности было достигнуто следующим образом: во-первых, установкой соплового устройства непосредственно в камере смешения с центрированием его наружной цилиндрической поверхности по внутренней цилиндрической поверхности смесительной камеры; во-вторых, расположением приемной камеры вокруг камеры смешения на её начальном участке в виде кольцеобразной полости; в-третьих, сообщение приемной и смесительной камер посредством продольных прорезей или радиальных отверстий, расположенных равномерно по окружности на начальном участке камеры смешения.

Таким образом, обеспечение соосности активного сопла и камеры смешения, оптимизация её длины, выполнение приемной камеры в виде кольцеобразной полости позволяют достигнуть некоторого сокращения габаритов аппарата, повысить его надежность и эффективность.

Эжекторы с такой конструкцией хорошо зарекомендовали себя и успешно функционируют в настоящее время на Кармановской ГРЭС в системе вакуумирования паровых турбин *K-300-240 ЛМЗ* [3].

Библиографический список

1. Соколов, Е.Я. Струйные аппараты / Е.Я. Соколов, Н.М. Зингер. – 3-е изд. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 352 с.: ил.

2. А. с. 1483106 СССР, МКИ F04F5/02. Эжектор / Е.К. Спиридонов, В.К. Темнов, А.П. Спиридонов, В.В. Шмаков, М.А. Чепкасов. – № 4170435/25–29; заявл. 30.12.86; опубл. 30.05.89, Бюл. № 20.

3. Спиридонов, Е.К. Промышленные жидкостногазовые струйные насосы / Е.К. Спиридонов // Тяжелое машиностроение. – 2005. – 10 октября. – С. 6–10.