

# РАЗРАБОТКА ЭФФЕКТИВНОГО МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА РАБОТЫ НАСОСНОГО АГРЕГАТА

**А. В. Горбач, Д. В. Драгомиров**

Московский энергетический институт (Технический университет)

ООО Фирма «МАГИ-Э»

г. Москва

Для многих производств, наряду с экономической эффективностью, наиболее важным эксплуатационным фактором является длительная и безотказная работа гидросистем, обеспечивающих нормальное осуществление технологических процессов, что в значительной мере определяется надежностью работы используемого насосного оборудования. Надежность работы насосов всегда была и продолжает оставаться актуальной проблемой, стоящей как перед их разработчиками, так и перед эксплуатирующим персоналом предприятия, где они применяются.

Безотказная и эффективная работа насосного агрегата зависит от многих факторов, связанных с конструкцией, материалами, качеством изготовления (или ремонта) самого насоса, со свойствами перекачиваемой среды, а также со структурой обслуживаемой гидросистемы и особенностями ее эксплуатации.

Целью данной работы является разработка методологии повышения эффективности и надежности эксплуатации теплоэнергетического насосного оборудования в виде комплекса положительно коррелирующих между собой методов, методик и подходов. Для достижения этой цели необходимо решить следующие задачи:

- осуществить анализ влияния внешних и внутренних факторов на работоспособность насосного оборудования и его показатели качества;

- произвести расширенный анализ особенностей функционирования насосного оборудования в основных технологических циклах «большой» и «малой» энергетики;

- осуществить статистический анализ выхода из строя насосов различных типов, узлов и отдельных элементов насосного оборудования, эксплуатирующегося на разнообразных теплоэнергетических объектах;

- разработать эффективный метод прогноза функциональных и качественных показателей проточных частей насосного оборудования на основе комбинации численного решения прямой трехмерной гидродинамиче-

ской задачи для лопастных гидромашин и гидравлического расчета гидросистемы с учетом взаимовлияния сопротивлений друг на друга;

- осуществить разработку метода учета влияния водно-химических характеристик рабочей среды на работоспособность насосного оборудования.

На данный момент разработана методология повышения эффективности и надежности функционирования теплоэнергетического насосного оборудования основных технологических циклов энергоблоков, заключающаяся в следующих аспектах.

Дан статистический анализ наиболее характерных отказов энергетических насосов, работающих на теплоэнергетических объектах центральной части России.

Исследовано влияние внешних и внутренних факторов на работоспособность насосного оборудования по широкому спектру показателей качеств.

Выявлены особенности функционирования насосного оборудования для основных технологических циклов энергоблоков и согласованности работы насосов и гидросистем.

Разработан метод учета влияния водно-химических параметров рабочей среды, таких как рН- характеристика, на кавитационные и эксплуатационные свойства насосного оборудования.

Разработан метод адаптации сетевых насосов реальным условиям эксплуатации.

При длительной эксплуатации насосного оборудования неизбежно возникают повреждения или нарушения работоспособности его элементов даже при отсутствии дефектов изготовления и соблюдении правил эксплуатации. Это обусловлено следующими особенностями: высокой коррозионной активностью технологических сред, высокими температурой, давлением и скоростью технологических потоков, наличием переменных температурных деформаций и сложного напряженного состояния металла оборудования. Воздействие указанных факторов в течение

## РАЗРАБОТКА ЭФФЕКТИВНОГО МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА РАБОТЫ НАСОСНОГО АГРЕГАТА

длительного времени вызывает повреждение металла. Развитие микродефектов на поверхностях нагруженных элементов оборудования или отложение на них осадков, препятствующих протеканию технологического процесса. В некоторые моменты функционирования оборудования могут возникать такие сочетания параметров, которые нарушают его работоспособность, т.е. вызывают отказы.

Отказы насосного оборудования можно разделить на три вида: механические, технологические и обусловленные ошибками (нарушениями) при эксплуатации, изготовлении или разработке оборудования.

К первому виду относят отказы, вызванные нарушением механической работоспособности оборудования вследствие изнашивания, коррозии, поломки деталей, нарушения формы элементов оборудования, возникновения недопустимых сопутствующих процессов - вибрации, стука, утечки, перегрева подшипников и др.

К технологическим относят отказы, обусловленные нарушением хода технологического процесса, выполняемого на данном оборудовании, приводящие к нарушению функционирования оборудования.

Доля отказов третьего вида определяется в основном уровнем технологической дисциплины и культуры производства на конкретном предприятии.

Остаточным ресурсом называют запас возможной наработки оборудования после момента контроля его технического состояния (или ремонта), в течение которого обеспечивается соответствие, требованиям нормативно-технической документации всех его основных технико-эксплуатационных показателей и показателей безопасности.

Данная работа посвящена разработке методики, позволяющей давать оценку остаточного ресурса работы насосного агрегата, на который действуют разнообразные внутренние и внешние воздействия, влияющие на его работоспособность и реальный оставшийся ресурс работы.

Разработка данной методики основана на анализе статистических данных причин выхода насосного оборудования из строя, а также условий его эксплуатации.

В таблице 1 представлено распределение повреждений по местам их проявления, что имеет несомненный практический интерес, так как дает ответ на вопрос: какие узлы и детали насосов являются наиболее уязвимыми при эксплуатации и требуют повышен-

ного внимания как изготовителей, так и обслуживающего персонала. При этом все насосы были разбиты на 2 группы под условными названиями: энергетические и другие. В группу энергетических были включены упомянутые выше питательные, конденсатные и сетевые, а в группу с названием «другие» — циркуляционные, мазутные, багерные и другие вспомогательные насосы.

Таблица 1 – Распределение повреждений по местам их проявления

Наименование узла или детали	Количество повреждений			В % к общему количеству повреждений
	Энергетич. насосы	Другие насосы	Всего	
Уплотнители	837	694	1531	44,3
Подшипники	816	464	1280	37,1
Рабочие колеса	172	104	276	8,0
Валы	169	72	241	7,0
Корпусные детали	82	44	126	3,6
Сумма	2076	1378	3454	100

В качестве иллюстрации на рисунке 1 приведена диаграмма, на которой показано долевое распределение повреждений по элементам конструкции насосов. Повреждались практически все основные элементы. В отдельные группы были выделены повреждения корпуса, подшипников, рабочих колес, вала и уплотнений. Наиболее повреждаемыми являются узлы подшипников и уплотнений, которые в сумме имели 81,4 % от общего количества повреждений, причем в каждом году из рассматриваемых двух лет эксплуатации этот процент на обследованных объектах оставался практически постоянным, хотя его величина могла очень значительно отличаться у различных станций или региональных энергосистем.



Рисунок 1 – Диаграмма распределения повреждений по элементам насоса

В значительной степени приведенное соотношение закономерно, так как производители нередко устанавливают сроки службы этих узлов существенно меньшие, чем для насоса в целом, в связи с чем в комплекте запасных частей, поставляемых с насосом, почти всегда содержатся или данные узлы целиком, или их основные быстро изнашиваемые компоненты.

Принято считать, что увеличение долговечности этих узлов, как и других элементов конструкции – задача производителей. Однако безотказность и долговечность их работы зависят, главным образом, от условий эксплуатации, так как насосы нередко бывают вынуждены работать вне своей рабочей области по подаче, что существенно снижает эти показатели. Как известно, при работе насоса вне рабочей зоны увеличивается степень пульсации параметров потока в ряде элементов его проточной части, что приводит к повышению уровня вибрации насоса (и не только насоса). Кроме того, у насосов со спиральными отводами резко возрастают радикальные усилия, воз действующие на ротор и воспринимаемые подшипниками.

Возможно, что в некоторых случаях причиной частых повреждений подшипников и уплотнений может быть некачественно проведенный ремонт. Это предположение подтверждается удельными показателями, а именно — количеством повреждений, приходящихся на один насос. За 2 года эксплуатации на каждый из упомянутых выше 750 насосов, имевших повреждения, приходится 1,71 повреждений подшипников и 2,05 по-

вреждений уплотнений, следовательно, многие насосы за рассматриваемый период подвергались ремонту по одной и той же причине по 2 и более раз, в то время, как у остальных 1100-750=350 аналогичных насосов таких повреждений вообще не было.

Большинство повреждений основных деталей насосов: корпусов, рабочих колес и валов происходит, по нашему мнению, вследствие нарушений регламентированных условий эксплуатации. Что касается корпусных деталей и рабочих колес, то наиболее частой причиной их повреждений являются происходящие в насосе кавитационные процессы. Вероятно, и в повреждениях валов иногда может быть повинна кавитация.

Выявление и последующая ликвидация этих причин, как нам представляется, есть одна из насущных задач персонала насосных установок, направленных на снижение аварийности и повышения надежности их работы.

Разрабатываемая методика позволит быстро и надежно определить наиболее уязвимое место в эксплуатируемом насосе, а также его срок службы до предполагаемого ремонта. Это позволит существенно снизить издержки на ремонт эксплуатацию насосного оборудования. Также методика позволит эксплуатирующим и обслуживающим насосное оборудование компаниям заранее подготовиться к предстоящему ремонту, что значительно сократит время простоя оборудования, что немаловажно в современных экономических условиях.