

**ИЗЫСКАНИЕ, ПРОЕКТИРОВАНИЕ,
СТРОИТЕЛЬСТВО И МОНТАЖ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ АЭС**

УДК 621.311.25:621.039

**АНАЛИЗ ПРИЧИН ЗАКЛИНИВАНИЯ И ОБРЫВОВ ШТОКОВ
ТРУБОПРОВОДНОЙ ЭЛЕКТРОПРИВОДНОЙ АРМАТУРЫ**

© 2014 г. И.С. Подрезова, Л.В. Шутова, Ю.Е. Ульянова,
О.Ю. Пугачева, Ю.Н. Елжов

*Волгодонский инженерно-технический институт – филиал Национального исследовательского
ядерного университета «МИФИ», Волгодонск, Ростовская обл.*

В статье представлен анализ причин заклинивания и обрывов штоков трубопроводной электроприводной арматуры, которые могут привести к отказам задвижек, эксплуатируемых в составе ответственных технологических систем предприятий атомной отрасли.

Дополнительным фактором, способствующим разрушению штока является невыполнение муфтой ограничения крутящего момента своих функций и усталостных трещин в узле крепления затвора. Планирование мероприятий по исключению обрывов и заклиниванию штоков предполагает предотвращение термоопрессовки, организацию байпасов, настройку муфт ограничения крутящего момента, организация работ по настройке привода арматуры с помощью специализированного стенда.

При эксплуатации арматуры целесообразно организовать сбор статистической информации об отказах и дефектах арматуры для определения показателей ее надежности, ремонтпригодности и восстанавливаемости с целью выработки и обоснования приоритетов в планировании и проведении мероприятий по повышению надежности арматуры.

Ключевые слова: отказ ответственной арматуры, заклинивание запорного органа, обрыв штока, термоопрессовка, усталостные трещины, ремонт задвижки, монтаж обводной линии (байпас), разгрузка, настройка муфты ограничения крутящего момента, проверка работоспособности.

Поступила в редакцию 22.11.2014 г.

Анализ результатов проведенных исследований по фактам отказа ответственной электроприводной арматуры позволил установить, что место и характер обрывов штоков электроприводной арматуры во всех случаях одинаковы – разрушение крепления штока к затвору усилием, превышающим допустимые нагрузки на детали узла крепления. Обрыв штоков арматуры обычно происходил при попытке открыть задвижку дистанционно с помощью электропривода с пульта управления в процессе разогрева трубопровода после плановых остановов на ремонт оборудования.

Все обрывы связаны с заклиниванием запорного органа в корпусе арматуры. На основании анализа организационно-распорядительных и отчетных документов, сопровождавших эти события, можно сделать выводы об основных причинах заклинивания запорных органов:

– термоопрессовка внутренней полости корпуса задвижки – возрастание давления в корпусе задвижки при ее быстром прогреве в закрытом положении, приводящее к заклиниванию запорного органа и чрезмерному усилию при его открытии. Причина – в наличии воды во внутренних полостях задвижки, оставшейся после гидроиспытаний. Быстрый нагрев воды в замкнутой полости резко повышает давление и приводит к расклиниванию затвора;

– «переобжатие» (перезатяг) арматуры – закрытие задвижки усилием, существенно превышающим усилие, достаточное для обеспечения ее герметичности. Это может вызвать появление пластических деформаций, т.е. разрушение деталей задвижки. Перезатяг может быть обусловлен неправильной установкой концевых выключателей или настройкой муфты ограничения крутящего момента, не соответствующей перепаду давления рабочей среды в реальных условиях эксплуатации;

– неравномерный разогрев седла и клина при высокой скорости разогрева трубопровода;

– силовое воздействие рабочей среды на детали затвора при открытии.

Само по себе заклинивание запорного органа не является достаточным условием его разрушения. Дополнительными факторами, способствующими разрушению, являются:

– невыполнение муфтой ограничения крутящего момента своих функций (как результат конструктивных недостатков или неправильной настройки);

– усталостные трещины в узле крепления затвора.

При расследовании случаев отказа электроприводной арматуры установлено, что фактором, приведшим к повреждению байонетных соединений шпинделя с обоймой клиньев при эксплуатации задвижек типа 895-400ГА, явились конструктивные особенности электропривода задвижек. Устройство механизма блока моментных выключателей этого электропривода (тип «Д» Б099.91-06 производства ЗАО «Тулаэлектропривод») таково, что муфта занимает рабочее положение (взводится) в течение примерно 20 секунд после команды на открытие запорного органа. В течение этого времени муфта не выполняет своих функций по отключению привода, который развивает в этот промежуток времени максимальный момент, достаточный для среза металла в узле крепления запорного органа.

Другим фактором, приводящим к обрывам запорного органа, является усталостные трещины в металле. Так по результатам расследования в нарушении работы задвижек констатируется следующий факт: «..произошел вырыв металла из кльков обоймы, которому предшествовало образование усталостных трещин в теле обоймы». Усталостные трещины образовались в результате повторно-переменных напряжений, причиной которых явилась «...вибрация обоймы клина в потоке рабочей среды во время нормальной эксплуатации». В этом же документе констатируется: «Требования к проведению дефектации узлов и деталей задвижки при ремонте со вскрытием корпуса, изложенные в разделе 7 технологического процесса на ремонт задвижек типоразмера 895-400ГА, предусматривают визуальный осмотр наружных и внутренних поверхностей деталей на предмет выявления возможных дефектов, а также измерительный контроль глубины коррозионных и иных повреждений, проверку правильности геометрических форм деталей и отсутствия их износа. В технологических процессах отсутствуют требования по инструментальному контролю металла замкового узла обоймы клина паровой задвижки».

Таким образом, планирование мероприятий по исключению обрывов штоков задвижек должно проводиться по двум направлениям:

– исключение заклинивания затвора в закрытом положении;

– исключение обрывов штоков в случае заклинивания затвора.

В результате анализа организационно-распорядительных документов по событиям, связанным с обрывами штоков, можно сделать вывод, что одной из основных причин заклинивания затвора в закрытом положении является термоопрессовка. При быстром разогреве оставшаяся внутри арматуры вода при условии двухсторонней плотности затвора вызывает резкое повышение внутреннего

давления, что приводит к расклиниванию запорного органа. Дополнительными факторами, способствующими заклиниванию, являются:

- разная скорость разогрева деталей затвора (клина и седла), приводящая к температурным деформациям;
- большой перепад давления на закрытом затворе из-за одностороннего воздействия рабочей среды.

Следовательно мерами предотвращения термопрессовки должны быть мероприятия по предотвращению повышения давления во внутренней полости задвижки и выравниванию температурных нагрузок на детали затвора в процессе разогрева.

Согласно техническим решениям в этом направлении на предприятиях, эксплуатирующих в важных для безопасности системах задвижки, были проведены следующие технические мероприятия:

- разгрузка корпусов арматуры от термопрессовки методом байпасирования – монтажа обводной линии (рисунок 1). При этом в процессе прогрева вентиль со стороны подвода среды должен быть открыт, а с другой стороны закрыт, благодаря чему давление во внутренней полости задвижки уравнивается с давлением с напорной стороны;

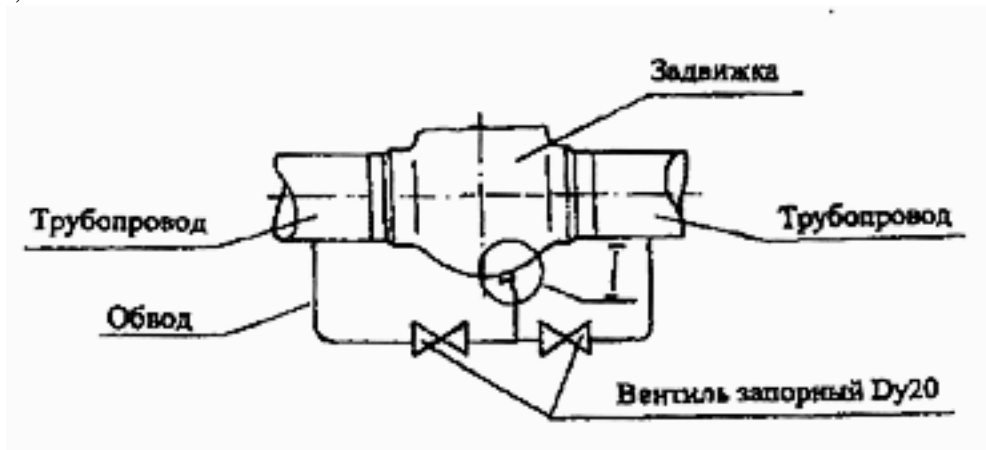


Рис. 1. – Схема разгрузки способом монтажа обводной линии (байпаса)

- разгрузка корпусов арматуры от термопрессовки методом сверления отверстия $\text{Ø}5$ мм в тарелке затвора со стороны подвода среды (рисунок 2). Наряду с выравниванием давления во внутренней полости задвижки это способствует и выравниванию температур, снижая температурные деформации в затворе;

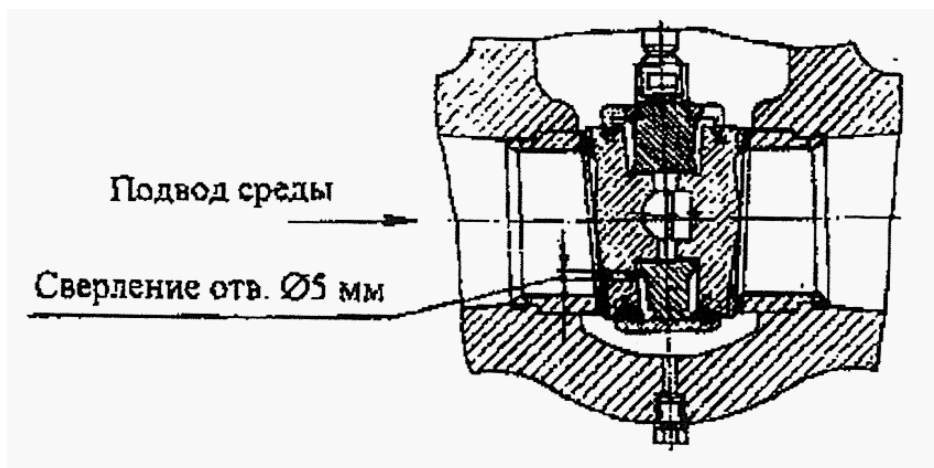


Рис. 2. – Схема разгрузки способом сверления отверстия в тарелке

Разновидностью данного метода разгрузки от термоопрессовки является врезка в тарелку затвора со стороны подвода среды обратного клапана в виде шарика с пружинной мембраной (рисунок 3). Данная конструкция была предложена и опробована и, в дальнейшем, рекомендована ЗАО «Энергомаш (Чехов) – ЧЗЭМ» для модернизации задвижек на АЭС.

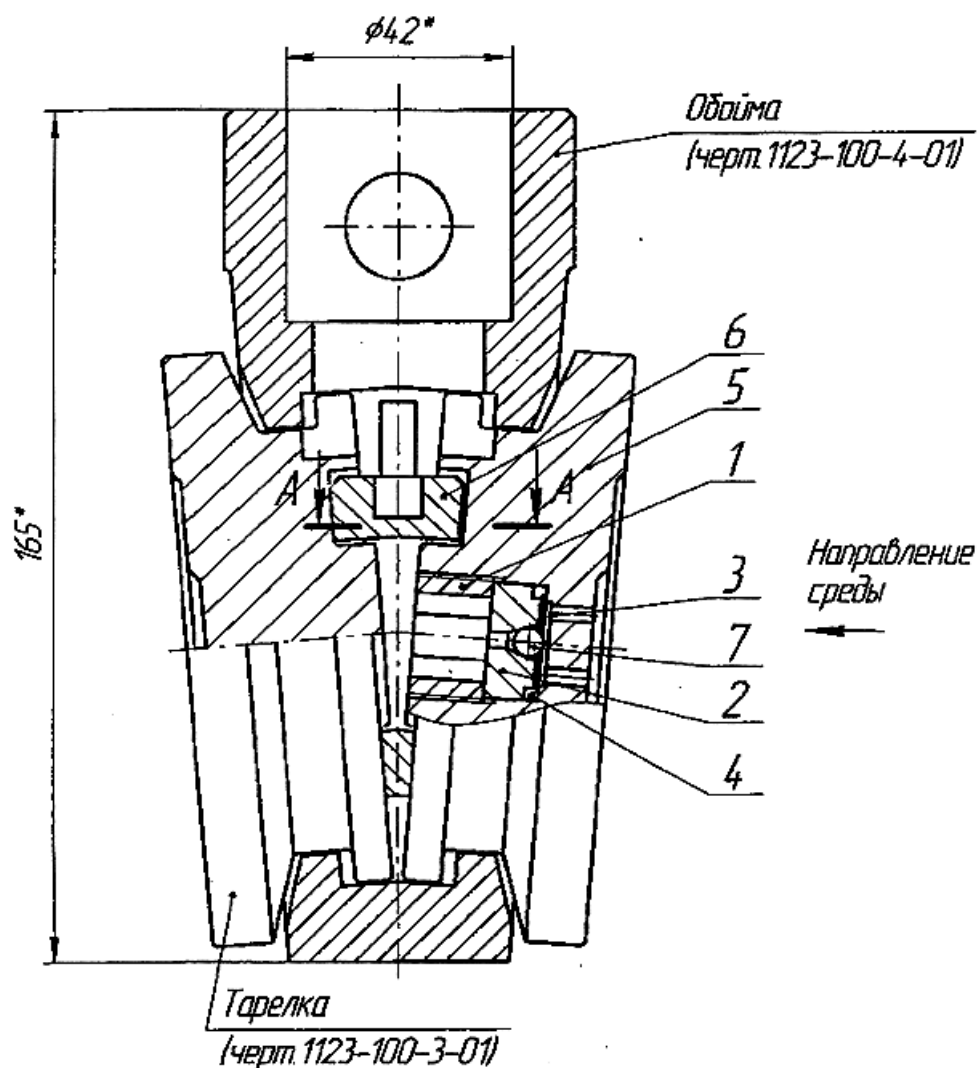


Рис. 3. – Схема разгрузки способом установки обратного клапана

Наряду с внесением изменений в конструкцию арматуры, для защиты от термоопрессовки используются организационно-технические мероприятия:

- дренирование корпусов арматуры после гидроиспытаний;
- предварительный подрыв арматуры вручную перед открытием ее от электропривода;
- ручной подрыв арматуры при разогреве трубопроводов через каждые 30°C.

Так, в соответствии с перечнем регламентных работ, выполняемых при пусках энергоблоков, и бланками переключений производится открытие на часть хода электроприводной арматуры, а также отжатие задвижек до лёгкого хода через каждые 30°C повышения температуры трубопроводов.

Другой существенной причиной заклинивания запорного органа является эксплуатация задвижки с неправильно настроенной муфтой ограничения предельного момента (токового реле или концевых выключателей). Величина устанавливаемого

предельного момента на закрытие зависит от перепада давления рабочей среды до и после задвижки в закрытом положении. «Переобжатие» может иметь место, если задвижка эксплуатируется при перепадах давления меньше расчетных. В частности, по сложившейся практике проверка срабатывания муфт ограничения предельного момента электропривода в сборе с задвижкой проводится на «пустом трубопроводе», то есть, при нулевом перепаде. Это приводит к существенному превышению допустимого усилия затяга, что, в свою очередь, способствует появлению пластических деформаций в деталях кинематической цепи «выходной вал электропривода – пара трения тарелка-седло», и как следствие – к поломке или, как минимум, снижению ресурса задвижки.

Данная проблема усугубляется тем фактом, что в технической документации на электроприводную арматуру зачастую отсутствуют настроечные значения для срабатывания муфты ограничения предельного момента. Так, в документе в качестве одной из причин, способствовавших нарушению (разрушению замкового узла обоймы клина), указывается, что «...в заводской и технологической ремонтной документации по ТОиР задвижек отсутствуют сведения о значениях максимальных моментов. Например, в техническом паспорте задвижки черт.895-400ГА указан только номинальный крутящий момент для данной арматуры – 250 кгс·м».

В качестве мер, используемых в настоящее время на предприятиях для исключения «переобжатия», можно отметить следующие:

- выполнение настройки концевых выключателей и муфт электроприводов арматуры на стенде с привлечением специализированных организаций;
- настройка муфт электроприводов арматуры «без дожатия».

Для исключения «переобжатия» могут быть рекомендованы также следующие дополнительные меры:

- в технической документации на электропривод должен быть приведен график зависимости настройки муфты ограничения крутящего момента (при открытии и закрытии) от величины перепада давления в задвижке, а также график зависимости величины прилагаемого усилия на рукоятке ручного дублера от величины перепада давления в задвижке;

- для проверки работоспособности задвижки без среды в конструкторских документах необходимо указывать соответствующие этому значения настройки муфты ограничения крутящего момента при открытии и закрытии.

Как сказано выше, непосредственной причиной разрушения деталей запорных органов задвижек является возникновение усталостных трещин в металле. Фрактографический анализ одной из разрушенных обойм ЭПА показал, что площадь усталостных трещин составляла около 95 % всей поверхности излома на захватах. При этом загрязненность металла обоймы неметаллическими включениями не превышала установленных требований, химический состав и свойства металла обоймы соответствуют требованиям для стали Ст20 ГОСТ 1050, размер зерен металла также соответствует требованиям. Установлено, что образование усталостных трещин произошло вследствие появления в металле надрывов и микротрещин. Трещины носят многоочаговый характер. Развитие их происходило по механизму циклической усталости под воздействием нормальных повторно-переменных напряжений, причиной которых явилась вибрация обоймы клина в потоке рабочей среды во время нормальной эксплуатации задвижки (в открытом положении).

Обобщая вышеизложенное, для обеспечения безотказной работы электроприводной арматуры, рекомендуется выполнить следующие организационно-технические мероприятия:

- разработать и внедрить стенды для обкатки электроприводов арматуры после ремонта и проверки правильности настройки муфты ограничения крутящего момента

или токового реле при входном контроле и после ремонт;

– обеспечить неснижаемый запас отремонтированных и откалиброванных электроприводов арматуры в соответствии с утверждённым перечнем в количестве не менее двух электроприводов каждого типоразмера;

– осуществлять оценку технического состояния до выхода в ремонт и после ремонта каждой единицы электроприводной арматуры, а также настройку электропривода;

– организовать сбор статистической информации об отказах и дефектах арматуры для определения фактических величин показателей ее надёжности, в том числе показателей ремонтпригодности и восстанавливаемости, с целью выработки обоснованных приоритетов в планировании и проведении мероприятий по повышению надёжности арматуры и выбора изготовителя арматуры при покупке.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Какузин, В.Б. и др. Проблемы настройки электроприводов задвижек [Текст] / В.Б. Какузин, Н.Г. Филиппов // АС. – 2008. – №4(55).
2. МТ1.2.3.02.999.0085-2010 «Диагностирование трубопроводной электропроводной арматуры. Методика» [Текст]. – [Б.м., б.г.].
3. РД ЭО 1.1.2.01.769-2008. Организация ремонта оборудования атомных станций по техническому состоянию. Основные положения [Текст]. – [Б.м., б.г.].
4. ЭМТД 66-069-2014. Методические рекомендации «Определение и обеспечение работоспособного технического состояния электроприводной арматуры. Технические предложения по модернизации и замене устаревших электроприводов [Текст]. – [Б.м.], 2014.

Analysis of the Reasons of Jamming and Rods Breaking of Pipeline Motorized Fittings

I.S. Podrezova, L.V. Shutova, Yu.E. Ulyanova, O.Yu. Pugacheva, Yu.N. Elzhov

*Volgodonsk Engineering Technical Institute
the Branch of National Research Nuclear University «MEPhI»,
73/94 Lenin St., Volgodonsk, Rostov region, Russia 347360
e-mail: nii_energomash@mail.ru*

Abstract – The analysis of the reasons of jamming and rods breaking of pipeline motorized fittings, which can lead to valves refusals operated as a part of responsible technological systems of the nuclear branch enterprises is presented in article.

The clutch failure to function of the torque restriction and fatigue cracks in the valve attachment is the additional factor promoting collapse of a rod. Planning of actions for an exception of breaking and rods jamming assumes prevention of thermopressure testing, the organization of bypass, clutches control of torque restriction, the organization of works on control of a drive gear of fittings by means of the specialized stand of lock fastening.

During fittings operation of the fittings it is expedient to collect statistical information about the failures and defects of the fittings for determining of its reliability, maintainability and restorability to develop and justify priorities in the planning and carrying out actions to improve the reliability of the fittings.

Keywords: main fitting refusal, rod jamming, rod breaking, thermopressure, fatigue cracks, repair valves, installation of the bypass line (bypass), unloading, setting a torque limiting clutch, function check.

REFERENCES

- [1] Kakuzin V.B., Filippov N.G. Problemy nastrojki jelektrivodov zadvizhek [Problems of electric drives of latch setup]. AS [AS]. 2008, №4(55). Available at: http://www.valve-industry.ru/pdf_site/55/55_vopr_opit_problems_kakusin.pdf (in Russian)
- [2] MT1.2.3.02.999.0085-2010 «Diagnostirovanie truboprovodnoj jelektrivodnoj armatury. Metodika» [MT1.2.3.02.999.0085-2010 "Diagnosing of pipeline electrowire fittings. Technique"]. 2010. (in Russian)
- [3] RD JeO 1.1.2.01.769-2008. Organizacija remonta oborudovanija atomnyh stancij po tehničeskomu sostojaniju. Osnovnye položhenija [RD EO 1.1.2.01.769-2008. Organization of repair the of nuclear power plant equipment for technical condition. Basic provisions]. 2008. (in Russian)
- [4] JeMTD 66-069-2014. Metodicheskie rekomendacii «Opredelenie i obespechenie rabotosposobnogo tehničeskogo sostojanija jelektrivodnoj armatury. Tehničeskie predložhenija po modernizacii i zamene ustarevshih jelektrivodov [EMTD 66-069-2014. Methodical recommendations "Definition and providing operating technical condition of electrodriving fittings. Technical offers on modernization and replacement of outdated electric drives]. 2014. (in Russian)