

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ ПО ТРУБОПРОВОДНОЙ АРМАТУРЕ

«Возрождение арматурной отрасли: наука, кадры, производство»

**Деловая
программа**
14-й Междуна-
родной
выставки
PCVEXPO
28 октября
2015 года,
Москва, МВЦ
«Крокус Экспо»

Организаторы
конференции:
МГТУ им.
Баумана, Группа
компаний ITE,
международный
журнал «Трубо-
проводная
арматура и
оборудование»,
«Арматурный
эксперт»

ИННОВАЦИОННЫЕ УПЛОТНЕНИЯ КОМПАНИИ «ИЛЬМА» ДЛЯ НАДЕЖНОЙ ГЕРМЕТИЗАЦИИ РАЗЪЕМНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ТРУБОПРОВОДНОЙ АРМАТУРЫ

**Клецов И. П., технический директор
ООО «ИЛЬМА», Санкт-Петербург**

Инновационное развитие высокотехнологичных компаний в энергомашиностроительном секторе определяется целым рядом факторов: приоритетами долгосрочной стратегии, научным, технологическим и кадровым потенциалом компании, наличием запатентованных технологий и изделий, уровнем технического взаимодействия с заказчиком. Опыт компании «ИЛЬМА» показывает, что последний из перечисленных факторов — взаимодействие с заказчиком является, пожалуй, ключевым, с точки зрения коммерческого успеха инновации.

Ниже приведены некоторые примеры из инженерной практики «ИЛЬМЫ», подтверждающие правильность такого подхода к инновационному процессу. Эти изделия — отработанные решения, которые были созданы в результате совместной проработки с заказчиком возможных вариантов решения проблем герметизации разъемных соединений ТПА.



Спонсор
конференции:
ООО «ИЛЬМА»,
Санкт-
Петербург

ВИДЫ И ВЛИЯНИЕ «НАСЛЕДСТВЕННЫХ ПОРОКОВ» ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ КЛАПАННО- СЕДЕЛЬНЫХ ПАР АРМАТУРЫ НА ЕЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННУЮ НАДЕЖНОСТЬ

**Мулюкин О. П., д. т. н., профессор, Самарский го-
сударственный университет путей сообщения,
Самара**

В конструкторско-технологической документации на изделия клапанного агрегатостроения строго оговариваются допустимые погрешности формы и отклонения размеров входящих в них деталей и узлов, назначаемые с учетом точности и возможностей ис-

пользуемых на производстве технологий, машинного парка, оснастки и инструмента. Эти погрешности формы и отклонения относят к «наследственным порокам» изготовления сопрягаемых деталей и узлов, для снижения или компенсации влияния которых на выходные характеристики изделия требуется применение специальных мер. Чаще всего «наследственными пороками» называют несоосность (перекос геометрических осей) сопрягаемых элементов и погрешности формы исполнительных и центрирующих органов, как правило, в виде эллипсности или огранки.

Известные способы устранения негативного влияния перекоса геометрических осей элементов клапанно-седельной пары (КСП) на ее выходные характеристики

Фланцевые и сальниковые графито-фторопластовые уплотнения, изготовленные по технологии ГраФлан®, вот уже более 10 лет успешно применяются для герметизации РГС оборудования в промышленности и энергетике. При соблюдении температурного режима использования (от -60 до + 260 °С), а также рекомендаций по затяжке, уплотнения серии ГраФлан® можно рассматривать как универсальное средство герметизации неподвижных соединений, работающее практически на любых средах.

«ИЛЬМКО» — запатентованная серия новых комбинированных прокладок для герметизации фланцевых соединений с металлическими прокладками овального и восьмиугольного сечения (типа RTJ). Уплотнения «ИЛЬМКО» позиционируются как высокоэффективное средство для герметизации неподвижных РГС с высоким давлением рабочих сред в нефтедобыче, газодобыче, нефтепереработке и нефтехимии.

Ильма®-Спецназ PRO — прокладка с уникальной конструкцией, которая включает обтюраторы по внутреннему и наружному диаметрам и дополнительное ограничительное кольцо, исключающее передавливание прокладки и ее деформацию в радиальном направлении. Для изготовления пластичного уплотнителя в прокладке используется высокопрочный графитовый материал «Ильма Графит Спецназ». Прокладка может применяться как надежная альтернатива спирально-навитым прокладкам (СНП) при наличии дефектов на уплотнительной поверхности фланцев на рабочие давления до 25 МПа. Прокладка может быть выполнена с покрытием из ПТФЭ (исполнение ГраФлан®).

Ильма® ФЛ-020 — комбинированная термостойкая фланцевая прокладка на основе ТРГ, плакированная трубой из коррозионностойкой стали. Запатентованная конструкция исключает тепловое окисление графита. Уплотнение обладает повышенной механической прочностью и термостойкостью и рекомендовано к применению при наличии переменных тепловых и силовых нагрузок и повышенных значениях давления и температуры уплотняемой среды. В зависимости от требований заказчика, труба может быть выполнена с покрытием из алюминия, меди, никеля или свинца.

Санкт-Петербург, август 2015 г.

базируются на повышении точности центрирования герметизирующего усилия на элементах КСП, снижении динамической нагруженности клапанных уплотнений (КУ) и стабилизации величины перетечек рабочей среды через уплотнение клапана, в значительной мере определяемой характером изменения фактической площади касания (ФПК) уплотнительных элементов при эксплуатации агрегата. Взаимосвязь указанных деструктивных факторов очевидна — изменение ФПК уплотнительных элементов происходит чаще всего вследствие нарушения центровки герметизирующего усилия. Это нарушение может быть следствием проявления конструкторско-технологических или эксплуатационных факторов.

Для устранения нежелательного влияния искривления пружин на герметичность КУ широко применяют специальные типы опор, передающих усилие герметизации к уплотнению тарелки клапана. Практика показала, что наиболее эффективны в этом плане сферические (шаровые) опоры, обладающие к тому же максимальной несущей способностью. Эффективным также является применение шарнирных муфт или компенсационных соединительных устройств с подвеской подвижного элемента в направляющей поверхности на разрезных кольцах, которые обычно выполняются из полимерного материала или из бронзовых сплавов.

Представлены компактные авторские конструкции шарнирной муфты, компенсационного соединительного устройства для пространственного позиционирования сочленений и конструктивное исполнение КСП с высокоресурсным W-образным седлом, а также примеры конструктивного демпфирования соударяемых элементов клапанно-седельной пары.

Представлена новая разработка автоматического пружинного клапана с КСП, в которой звенья кинематической цепи «направляющая-клапан-седло» соединены закладными шарнирами пространственного положения. Конструкция надежно работает при сравнительно больших (в сравнении с известными конструкциями пружинных клапанов) несоосностях сопрягаемых поверхностей элементов КСП за счет компенсации этих несоосностей путем пространственной самоустановки набора разрезных втулок, закладного конуса и закладной сферы, всегда обеспечивающей параллельное расположение уплотнительных поверхностей клапанного уплотнения и седла. «Изюминка» конструкции — отсутствие жестких требований к «наследственным порокам» по минимальности несоосностей сопрягаемых поверхностей корпуса, клапана и направляющих элементов — должна заинтересовать производителей, ибо снижает трудоемкость и время изготовления автоматического клапана.

ПОВЫШЕНИЕ КВАЛИФИКАЦИИ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ КРЕПЕЖНЫХ И ДРУГИХ СЛОЖНОПРОФИЛЬНЫХ ДЕТАЛЕЙ

**Лавриненко Ю. А., к. т. н., в. н. с. ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ»,
Лавриненко В. Ю., д. т. н., проф. МГТУ им. Н. Э. Баумана,
Учебный Центр «Современные технологии ХОШ на автоматах», Москва**

Центр «Современные технологии ХОШ на автоматах» приглашает на обучение и повышение квалификации специалистов организаций и предприятий, работающих в области проектирования и производства крепежных и других фасонных деталей методами холодной объемной штамповки (ХОШ).

Обучение в центре проводят крупнейшие специалисты в области технологий и оборудования для ХОШ на автоматах.

Специалисты центра проводят также технический консалтинг и инжиниринговую поддержку предприятий в области

технологий и оборудования для ХОШ крепежных и других сложнопрофильных деталей.

Основные программы обучения:

- разработка технологических процессов ХОШ крепежных и других сложнопрофильных деталей;
- проектирование инструмента для ХОШ;
- математическое моделирование технологических процессов ХОШ крепежных и других сложнопрофильных деталей;
- организация производства крепежных деталей (от проволоки до контроля и сортировки готовой продукции).

Контактная информация:

*Центр «Современные технологии
ХОШ на автоматах»*

МГТУ им. Н. Э. Баумана, 105005, г. Москва,

ул. 2-я Бауманская, 5, стр.1

Тел.: 7-926-230-15-37; 7-903-502-75-88

Web: <http://центр-хош.рф>

E-mail: ieec@bk.ru

ПРИМЕНЕНИЕ ГАЗОТЕРМИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ ДЕТАЛЕЙ ТРУБОПРОВОДНОЙ АРМАТУРЫ АО «ПЛАКАРТ»

**Красавин А. С., коммерческий директор АО «Плакарт»,
Москва**

Более 20 лет АО «Плакарт» занимается инженерией поверхности для продления ресурса технологического оборудования, защиты от коррозии, ремонтом и восстановлением деталей и оборудования технологиями газотермического напыления, лазерной и плазменной наплавки, а также поставляет высокотехнологичное оборудование и материалы.

В активе компании:

- более 250 сотрудников;
- инженерный центр ТСЗП в составе более 30 исследователей — резидент кластера «Энергоэффективность» фонда Сколково;

- 6 заводов покрытий (Москва, Набережные Челны, Нижний Новгород, Пермь, Санкт-Петербург, Тюмень);

- 12 мобильных бригад;
- 10 технологий газотермического напыления;
- 4 технологии наплавки;
- 1500 вариантов покрытий;
- Система качества производства ИСО 9001:2008.

Характерные виды отказов элементов запорной арматуры:

- пропуск среды при закрытом запорном органе арматуры;
- пропуск среды через сальник;
- течь или потение корпусных деталей;
- пропуск среды через соединение корпуса с крышкой;
- перемещение запорного (регулирующего) органа с задержками и при увеличенном моменте;
- полное отсутствие перемещения запорного (регулирующего) органа;
- изменение гидравлической характеристики регулирующего (дроссельного) клапана;

- главный предохранительный клапан не закрывается;
- усилие на маховике возрастает настолько, что невозможно открыть или закрыть арматуру.

За счет своих свойств газотермические покрытия:

- длительное время сохраняют герметичность и работоспособность;
- обеспечивают минимальное гидравлическое сопротивление;
- обладают хорошей герметичностью относительно окружающей среды;
- удобны в обслуживании и ремонте;
- обеспечивают быстрое открытие, закрытие и регулирование.

Износостойкие покрытия, полученные методом высокоскоростного газотермического напыления

Использование сверхзвукового потока материалов позволяет получить качественные покрытия с максимально возможными для газотермических методов адгезионными и когезионными характеристиками. Современная альтернатива канцерогенным гальваническим и вакуумным методам нанесения покрытий.

Защита новых и реновация изношенных металлических поверхностей, требующих высокой твердости, стойкости и плотности покрытия.

Обеспечение высокой производительности и повторяемости характеристик процесса за счет автоматизации работ.

Основные характеристики покрытий

Высокоскоростное напыление	
Нержавеющие сплавы на основе железа:	
Пористость	до 2 %
Микротвердость	500...800 HV
Прочность сцепления	70...80 МПа
Сплавы на основе никеля:	
Пористость	не более 1 %
Микротвердость	до 820 HV
Прочность сцепления	70...80 МПа
Твердые сплавы:	
Пористость	менее 1 %
Микротвердость	900...1200 HV
Прочность сцепления	более 80 МПа
Плазменное напыление	
Нержавеющие сплавы на основе железа:	
Пористость	1...2 %
Микротвердость	500...800 HV
Прочность сцепления	50...80 МПа
Сплавы на основе никеля:	
Пористость	менее 1 %
Микротвердость	до 820 HV
Прочность сцепления	60...80 МПа
Керамические материалы:	
Пористость	8...15 %
Микротвердость	900...1500 HV
Прочность сцепления	50...80 МПа

Детонационное напыление	
Сталь 20Х13:	
Твердость покрытия	460 HV
Толщина покрытия	250 мкм
Пористость покрытия	0,5...1,0 %
На границе раздела «основа-покрытие» наблюдается выделение твердой фазы	
Легированный чугун ЧН15Д7:	
Твердость покрытия	440...496 HV
Толщина покрытия	182 мкм
Пористость покрытия	≤ 1,0 %
В покрытии имеются плотные участки	(пористость ≤ 0,5 %)
Газопламенное напыление	
Углеродистые и легированные стали:	
Пористость	2...8 %
Микротвердость	240...600 HV
Прочность сцепления	15...30 МПа
Нержавеющие стали:	
Пористость	2...4 %
Микротвердость	270...330 HV
Прочность сцепления	15...30 МПа
Баббиты:	
Пористость	не более 9 %
Микротвердость	25...27 HB
Прочность сцепления	30...40 МПа

О Б УСЛОВИЯХ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ГЕРМЕТИЧНОСТИ САЛЬНИКОВЫХ УЗЛОВ ТРУБОПРОВОДНОЙ АРМАТУРЫ

Погодин В. К., д. т. н., с. н. с., заместитель генерального директора ООО «Испытательный центр машиностроительных изделий», г. Иркутск

К основным параметрам, влияющим на герметичность сальниковых узлов (СУ) и безопасную эксплуатацию трубопроводной арматуры (ТА), относят: допускаемые утечки, осевое контактное давление и силы трения. Эти параметры в отечественном арматуростроении рекомендовано определять в соответствии со стандартами СТ ЦКБА 037 или СТ НПАА 007.

Анализ применимости этих стандартов при проектировании и изготовлении ТА показал необходимость уточнения зависимостей для определения основных параметров, обеспечивающих герметичность СУ. Необходимость этого уточнения особенно актуальна для запорных клапанов на высокие параметры (давление свыше 30 МПа, температура свыше 200 °С) и подтверждается многочисленными результатами экспериментальных исследований СУ, проведенных ООО «Иркутский испытательный центр машиностроительных изделий (ООО «ИЦМИ») с сальниковыми кольцами и набивками, изготовленными отечественными и зарубежными производителями.

Условия обеспечения герметичности СУ зависят от многих конструктивных и технологических факторов и связаны с особенностями изготовления и эксплуатации ТА. Это значи-

тельно затрудняет установление единого подхода для определения условий герметичности СУ.

Для формирования единого подхода по оценке безопасности создаваемой ТА по результатам проведенного анализа предложено:

1. Установить нормы герметичности СУ в соответствии с классом опасности для конкретных рабочих сред в соответствии с предложенными рекомендациями.

2. Уточнить расчетные зависимости, принятые в стандартах СТ ЦКБА 037 и СТ НПAA 007.

3. Определение условий обеспечения герметичности производить с учетом условий изготовления и эксплуатации ТА.

4. Для экспериментального определения основных параметров, влияющих на обеспечение герметичности СУ (допускаемую утечку, осевое контактное давление, силу трения), разработать методику для включения ее в ГОСТ Р 53402.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ГЕРМЕТИЧНОСТИ ШАРОВОЙ ЗАПОРНОЙ АРМАТУРЫ, ЭКСПЛУАТИРУЕМОЙ НА МГ ПАО «ГАЗПРОМ»

Фоменко Т. А., заместитель генерального директора по общим вопросам ООО «Орггазнефть», Москва

1. Обобщение опыта эксплуатации запорной арматуры на МГ отечественного и импортного производства.

2. Влияние эксплуатационных условий на герметичность и надежность запорной арматуры, техническое обслуживание.

3. Тенденции к изменению классов и норм герметичности для запорной арматуры, эксплуатируемой на МГ (в течение 30 лет).

4. Применение высоковязких уплотнительных паст для обеспечения эксплуатационной герметичности арматуры на МГ.

5. Перспективы герметизации запорной арматуры, эксплуатируемой на МГ ПАО «Газпром».

КАК ОБЕСПЕЧИТЬ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТЬ РОССИЙСКОЙ АРМАТУРНОЙ ОТРАСЛИ НА МЕЖДУНАРОДНОМ УРОВНЕ

Епишов А. П., к. т. н., генеральный директор ООО «ИЛЬМА», Санкт-Петербург

Конкурентоспособность арматурной отрасли, как одного из секторов национальной обрабатывающей промышленности, невозможно рассматривать без ее взаимосвязи с конкурентоспособностью, с одной стороны — российского государства, и с другой стороны — конкретных научных и производственных организаций.

В современной экономической теории уровни конкурентоспособности обозначены как «конкурентоспособность страны», «конкурентоспособность отрасли», «конкурентоспособность компании», «конкурентоспособность продукции».

Согласно основам этой теории конкурентоспособность организации (компании) определяется как совокупность характеристик, включающих в себя: долю рынка; способность организации к эффективному производству, сбыту и развитию; способность руководства организации разрабатывать конкурентную стратегию и добиваться реализации поставленных целей.

Конкурентоспособность компании можно охарактеризовать как наличие в ее распоряжении ресурсов, посредством эффективного распределения которых руководство компании стремится к развитию на рынке и повышению своей конкурентоспособности.

Как было показано выше, конкурентоспособность организации носит первичный характер по отношению к иным уровням конкурентоспособности. То есть она определяется как потенциальная возможность использования внешних факторов, состояние которых зависит от деятельности государственной власти, и внутренних факторов, реализация которых является ключевой задачей акционеров компании. Таким образом, ключевую роль в обеспечении конкурентоспособности предприятия играет государство через формирование эффективной финансовой системы и институционально-правовой среды.

Возникает вопрос: какова вероятность создания конкурентоспособных компаний в государстве, где имеет место провальное состояние наиболее фундаментальных, основополагающих

условий делового климата, таких как защита прав собственности, уровень коррупции, наличие эффективной финансовой системы, создание благоприятных условий для инвестиций?

К великому сожалению, ответ на поставленный вопрос очевиден — такая вероятность сведена к минимуму. Поэтому сегодня доля экспорта российской арматуры ничтожно мала, а доля импорта растет. Долгосрочные стратегии большинства российских арматурных компаний концептуально выглядят так: «локализация в условиях глобализации, неконкурентоспособная продукция для неконкурентоспособной экономики». Такие стратегии доминируют, так как они ориентированы на потребности нашего специфического рынка. Компании, действительно ориентированные на инновации и высокое качество, не имеют никаких шансов на развитие. Они просто не выигрывают ни одного тендера, ведь их продукция по определению дорогая. Но наша экономическая система не приемлет дорогого продукта. Мы экономим на рублях и теряем потом миллиарды. Но конкурентоспособность может иметь только глобальный характер. «Локальная» конкурентоспособность (способность удовлетворять требования слаборазвитого и неконкурентного рынка) — это, как минимум, топтание на месте, в то время когда реально конкурентоспособные компании во всем мире устремляются в будущее. Фактически мы переживаем кризис интеграции российской промышленности в глобальный рынок, наблюдаем конфликт между локальным характером большинства российских промышленных предприятий и глобальной экономикой, в которой им в настоящий момент приходится действовать. Вступление в ВТО окончательно демонтирует автономию российской промышленности, в том числе в политико-правовой сфере. Есть все основания считать, что кризис, который будет переживать российская арматурная отрасль (как, впрочем, и все остальные отрасли обрабатывающей промышленности) в ближайшие годы, будет кризисом ее интеграции в глобальный рынок.

В этой связи возникают совершенно очевидные вопросы: а что, наше высшее руководство не понимает, что происходит? Будем дожидаться цены на нефть в \$ 40? Почему не происходят структурные реформы? Ответы на эти ключевые вопросы упираются в одно важное обстоятельство. Структурные реформы означают власть рынка, власть свободной конкуренции, власть институтов. Сегодняшняя парадигма развития нашего госу-

дарства предполагает власть конкретных людей. И эта власть привела Россию в стратегический тупик. Этот тупик имеет различные составляющие: политическую, экономическую, культурно-мировоззренческую. Россия, пройдя через горнило драматических трансформаций и социальных потрясений, даже в условиях относительной политической стабильности и чрезвычайно удачной конъюнктуры мировых сырьевых рынков так и не смогла извлечь пользы из своего выгодного положения. Реальные структурные реформы не проведены, экономика остается отсталой и неконкурентной. Коррупция остается непобедимой, несмотря на все декларации властей. Современное положение России является исключительно сложным. Россия исчерпала все свои «традиционные» внутренние и внешние, политические и финансовые ресурсы роста — очевидно, что страна нуждается в кардинальных переменных. Наша экономическая система, в существующем структурном виде, не способна стимулировать развитие. Поэтому новая задача должна звучать по-иному — как нам выйти из стратегического тупика. То есть речь идет не о построении инновационной экономики и «импортозамещении», а о создании нормальной конкурентной цивилизованной рыночной экономики. Надо отчетливо представлять себе, что в современной экономике конкурентоспособными являются лишь инновации мирового уровня. То есть такие нововведения, такие изобретения и технологии, внедрение которых позволит выдвинуть ваш продукт или услуги в ряд ведущих мировых. Россия сегодня не способна внедрять такие инновации в массовом порядке — нет стимулирующих условий, нет соответствующей среды, нет мотивации. Конечно, у нас есть отдельные примеры создания продуктов мирового уровня, но это, скорее, исключение из правила, это то, что создано не «благодаря», а в большей степени «вопреки». Поэтому нам нужны поистине гигантские и фундаментальные изменения. И результат будет не через два-три года, а в лучшем случае через 15 лет. И только после того, как будет создана нормальная

экономика, то есть экономика, в которой не близость к власти и неформальные отношения определяют положение компаний на рынке, а конкурентоспособность товаров и услуг, появится полноценная конкуренция и стимулы для инноваций. Хотя, в принципе, надо признать, что любая рыночная экономика в той или иной степени является инновационной.

Итак, возникает закономерный вопрос — способно ли высшее российское руководство и поддерживающая его властно-олигархическая элита изменить стратегическое видение развития страны на ближайшие годы и сформировать новую модель экономики, основанной на новых внутренних факторах роста? Очевидно, что для поворота вектора развития в позитивное направление и осуществления исключительно болезненных, но так необходимых России перемен нужны решительные поступки, серьезные политические перемены, тотальное наступление на коррупцию, кардинальная реструктуризация экономической системы, ясные и понятные налогоплательщикам меры стимулирования экономического роста, роста нового качества, основанного на внутренних факторах. Доступные финансовые ресурсы должны, наконец, дойти до реального сектора экономики. Сейчас формируется новый международный институционально-правовой порядок. В этой связи становится ясно, что до тех пор, пока Россия не решит свои внутренние проблемы и не обретет новый импульс к развитию, наше государство не сможет стать равноправным партнером в компании мировых центров сил и конкурентоспособных экономик. Для того чтобы ваше мнение учитывали и уважали, надо обладать профессиональной состоятельностью и реальным авторитетом. Современной России предстоит пройти долгий и трудный путь, для того чтобы доказать всему миру, что она является достойным продолжателем поистине великих духовных и культурных традиций, усилий и колоссального опыта, которые зарождались и развивались на российской земле на протяжении веков.

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ОПТИМАЛЬНОГО ВЫБОРА НАСОСОВ И ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РАСЧЕТА ТРУБОПРОВОДОВ SRAIX + ГИДРОСИСТЕМА

**Корельштейн Л. Б., ООО «НТП Трубопровод»,
Бородин А. И., УК «Группа ГМС», Москва**

Проблема обеспечения энергоэффективности — одна из наиболее важных проблем нашего времени. При этом насосами потребляется около 20 % всей вырабатываемой в мире электроэнергии, и они используются во всех отраслях промышленности, начиная от медицины и заканчивая добычей и транспортом нефти.

Насос — одна из частей гидравлической системы, включающей трубопроводы, запорную и регулирующую арматуру и другие элементы. Каждый из них влияет на работу системы в целом. Для согласованной работы насоса на сеть нужно, чтобы рабочая точка всегда находилась в пределах рабочего диапазона насоса, где он обеспечивает максимальные показатели надежности и эффективности. Как показывает практика, именно невыполнение этого условия приводит к значительным потерям энергии при эксплуатации, причем большинство ошибок закладывается на стадии проектирования.

Решить эту проблему помогают современные программные комплексы, позволяющие правильно рассчитать параметры системы, спроектировать их в соответствии с требованиями нормативных документов конкретной отрасли и правильно

подобрать насосы в соответствии с характеристиками гидравлической системы.

Примером такого комплекса является программа «Гидросистема», разработанная ООО «НТП Трубопровод» и интегрированная с программой подбора насосного оборудования Sraix (VSX-VOGEL SOFTWARE GmbH). «Гидросистема» позволяет моделировать и провести расчет всех возможных режимов работы трубопроводной системы любой сложности и назначения, определить ее параметры в зависимости от требований конкретного объекта, а также определить требования к насосному оборудованию. Требования автоматически передаются в Sraix, где с их учетом проводится выбор насосов. Sraix позволяет адаптировать характеристики насоса под нужные параметры за счет подрезки рабочего колеса или частотного регулирования, а также параллельной работы насосов. По результатам выбора выводится спецификация со всей необходимой информацией, характеристиками и габаритными чертежами. Выбранные характеристики насосов автоматически передаются в «Гидросистему» для окончательного проверочного расчета.

Группа ГМС использует программу Sraix в течение 4 лет. В БД программы внесены все насосы, выпускаемые предприятиями Группы ГМС для целей водоснабжения и водоотведения. Совместно с ООО «НТП Трубопровод» БД насосов Группы ГМС была интегрирована в комплекс Гидросистема+Sraix и стала доступна всем пользователям программы «Гидросистема», которые теперь при подборе насосов смогут избежать ошибок, ведущих к значительному перерасходу энергии.

ОПТИМИЗАЦИОННЫЕ ЗАДАЧИ ПРОЧНОСТИ ТОНКОСТЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ УПЛОТНЕНИЙ

Долотов А. М., д. т. н., профессор, Военная академия МТО им. генерала армии А. В. Хрулева, г. Санкт-Петербург, Зацарный В. А., Львовский филиал ООО «НИИЦА», г. Львов, Украина

Классические расчеты элементов уплотнений обычно выполняются методами сопротивления материалов или теории упругости и заключаются в определении неких параметров (толщины, длины, диаметра, момента сопротивления или момента инерции сечения и т. п.), обеспечивающих выполнение условий прочности или жесткости (редко — устойчивости) при заданных условиях нагружения. Совмещение условий прочности и жесткости обычно выполняется путем подбора соответствующих параметров методом проб.

Для тонкостенных конструкций нельзя получить даже таких результатов. Например, для цилиндрической оболочки можно определить механические напряжения при заданном нагружении и заданных геометрических размерах, обратная задача — для заданных нагружения и допускаемого напряжения подобрать размеры оболочки — аналитического решения обычно не имеет, решение ищется путем перебора соответствующих значений параметров оболочки.

Широкое использование вычислительной техники позволяет, базируясь на методах оптимизации, ставить и решать задачи оптимального проектирования, не получившие, к сожалению, должного освещения в соответствующих курсах (сопротивление материалов, детали машин и др.) высшей школы. В общем

случае это решение задачи безусловной или условной оптимизации, заключающейся в отыскании экстремума целевой функции при заданных ограничениях, сформулированных в виде равенств и неравенств. В современных популярных математических системах, например в MathCAD, решение указанной задачи выполняется с помощью использования операторов Given и Minimize (Maximize), что позволяет исследователю отвлечься от построения алгоритма решения задачи, сосредоточившись на построении системы ограничений, посвятив рабочее время уяснению физического смысла поставленной задачи.

В частности, для оболочечного элемента клапана, с целью снижения динамических нагрузок при срабатывании, целесообразно крепление оболочки выполнить с помощью упругой пластины (последовательное соединение жесткостей), требуя обеспечения прочности оболочки и пластины (определению подлежат их толщины) при условии минимизации приведенной жесткости, задавая энергию подвижных частей в момент соударения, накладывая ограничения, например, на наружный радиус пластины (габаритные ограничения). Особо отметим, что в поставленной задаче, несмотря на наличие условий прочности, динамическая нагрузка не определена, так как не определена приведенная жесткость оболочечно-пластинчатого элемента, геометрические параметры которого неизвестны.

Предложенная методика может лечь в основу нормативного документа, определяющего геометрические размеры оболочечного элемента, нагруженного по торцу герметизирующей силой, а по поверхности рабочим давлением, когда определению подлежат толщина и длина оболочечного элемента, а минимизируется радиальная жесткость торца оболочки, что обеспечивает минимизацию усилия герметизации.

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЗАТВОРОВ ТРУБОПРОВОДНОЙ АРМАТУРЫ

Огар П. М., д. т. н., профессор, Горохов Д. Б., к. т. н., доцент, Братский государственный университет

Совершенствование трубопроводной арматуры (ТА) связано с ограничением ее материалоемкости, минимизацией запасов прочности элементов конструкции при одновременном росте технико-энергетических характеристик — повышения давления и расхода рабочих сред, расширения температурного диапазона. Затворы ТА, состоящие из золотника и седла, являются наиболее важными узлами и обеспечивают герметичность при перекрытии потока рабочей среды. На них приходится до 50 % всех отказов.

Основным свойством в аспекте надежности является герметичность, которая определяется функциональными параметрами уплотнительных поверхностей и контактными давлениями герметизации. Контактные давления являются основной характеристикой, определяющей габаритно-массовые показатели затворов ТА, их долговечность, энергоемкость привода.

В арматуростроении нормы герметичности регламентированы ГОСТ Р 54808-2011. Существует также нормативный документ, связывающий ресурс с величиной контактных давлений (СТ ЦКБА 096-2012), однако наряду с этим отсутствуют нормативные документы по определению нагрузок (усилий, контактных давлений, моментов), обеспечивающих указанные нормы герметичности. Недостаточная нагрузка не обеспечит заданной герметичности, перегрузка приведет к уменьшению ресурса или разрушению элементов арматуры.

В национальном стандарте Российской Федерации ГОСТ Р 53672-2009 «Арматура трубопроводная. Общие

требования безопасности» указано, что при проектировании арматуры должны быть обеспечены параметры назначения, включающие утечку рабочей среды через затвор. Это означает, что проектировщиком для конкретной конструкции затвора должны быть определены «...усилия и моменты, необходимые для обеспечения герметичности узла затвора...». Однако в СТ ЦКБА 068-2008 «Арматура трубопроводная. Затворы запорных клапанов с уплотнением «металл по металлу» удельные и погонные нагрузки, необходимые для обеспечения герметичности затворов, определяются по эмпирическим формулам 60-летней давности и количественно не связаны с нормами герметичности по ГОСТ Р 54808-2011.

На наш взгляд, в этом случае должны быть разработаны нормативные документы в виде программных средств, определяющих оптимальное сочетание исходных конструктивных параметров и усилия герметизации, обеспечивающее заданные нормы герметичности и ресурс. В докладе рассмотрен процесс проектирования затворов специальной запорной трубопроводной арматуры, который формализован и рассмотрен как частный случай разработки многомерной системы. При проектировании затворов использованы математические модели, описывающие напряженно-деформированное состояние в области контакта золотника и седла, контактное взаимодействие шероховатых поверхностей, утечку через уплотнительный стык, изнашивание и разрушение. Разработанная методика оптимального проектирования затворов трубопроводной арматуры позволяет обеспечить равномерное зондирование пространства исходных параметров, составить таблицу вычислительных испытаний, определить множество конструкций, удовлетворяющих условиям прочности, заданным нормам

герметичности и ресурсу, определить паретовское множество и выбрать оптимальные конструктивные параметры затворов.

Для каждого набора исходных параметров a_i определяем: напряженно-деформированное состояние и величину погонного усилия q_i , обеспечивающего заданную интенсивность утечки Q_i^{**} ; условия статической и усталостной прочности; из кривой фрикционной усталости затвора число циклов нагру-

жений N_c , при котором сохраняются требования по герметичности.

Разброс значений q_i для всех таблиц испытаний составляет более порядка, что свидетельствует о хорошей чувствительности предлагаемой методики. Полученные результаты применимы при проектировании затворов сосудов и аппаратов высокого давления и других уплотнительных соединений.

ПРОБЛЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ АВАРИЙНОГО СБРОСА И ВЫБОРА ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫХ КЛАПАНОВ (ПРОГРАММА «ПРЕДКЛАПАН»)

**Корельштейн Л. Б., ООО «НТП Трубопровод»,
Задорожный А. В., АО «Арматур», Москва —
Гусь-Хрустальный**

Разработка систем аварийного сброса — одна из наиболее ответственных задач при проектировании опасных производств. К сожалению, авторы неоднократно сталкивались с тем, что российские проектировщики не всегда хорошо понимают многие вопросы, связанные с выбором и настройкой предохранительных клапанов. Не способствует такому пониманию терминологическая нечеткость и неполнота российских нормативных документов в этой области. В докладе делается попытка прояснить типичные вопросы, возникающие при расчете и выборе предохранительных клапанов.

Анализируются основные характеристики защищаемой системы (рабочее и расчетное давление, максимально допустимое кратковременное превышение расчетного давления (accumulation)) и предохранительного устройства (давление настройки, начала открытия и полного открытия в рабочих условиях и на испытательном стенде изготовителя). Формулируются требования к ним, необходимые для правильной работы системы

аварийного сброса. Сравниваются отечественная и зарубежная практики выбора и настройки предохранительных клапанов, соотношения терминов в отечественных и западных нормативных документах и уточняются правила задания и расчета основных параметров при выборе предохранительных клапанов.

Проведено сравнение методов расчета пропускной способности предохранительных клапанов по отечественным (ГОСТ 12.2.085-2002, ГОСТ 31294-2005) и иностранным (API 520 Part1, ISO 4126, JB 4732) нормативным документам. Показано, что все они базируются на модели идеального штуцера и отличаются используемыми термодинамическими моделями, а также поправочными коэффициентами, учитывающими влияние дополнительных факторов:

- коэффициентами расхода (учитывают отклонение от модели идеального штуцера);
- коэффициентом влияния предохранительных мембран (при их установке до и/или после клапана);
- коэффициентом поправки на вязкость (учитывает эффект ламинарного течения при сбросе высоковязких продуктов);
- коэффициентами влияния противодействия (учитывают эффект высокого противодействия для сильфонных клапанов).

Предложенные уточнения терминологии и расчетные формулы реализованы в последней версии расчетных модулей, пользовательском интерфейсе и выходных документах программы «Предклапан».

ЛОКАЛИЗАЦИЯ РАЗРАБОТКИ И ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПРИВОДОВ ЗАПОРНОЙ АРМАТУРЫ В РОССИИ

**Муругин М. А., руководитель подразделения
«ПРОЦЕСС-ТЕХНИКА» ООО «ФЕСТО-РФ», г. Челябинск**

Сложившаяся ситуация с введением санкций и контрсанкций в нашей стране подтолкнула ряд крупных предприятий к введению импортозамещения при закупке оборудования, в большей мере это коснулось закупок запорной арматуры и приводов к ней. Эти события ускорили процесс локализации сборки пневматических приводов на производстве в г. Симферополе.



Производство в г. Симферополе было открыто еще в 1988 году, и главной его целью было производство пневматических компонентов для основного производства в Германии.

На сегодняшний день общая площадь производственной площадки составляет 6 500 м², состав сотрудников более 50 человек. Производство прошло сертификацию по стандарту

ISO, а также аудит представителей органов сертификации по требованиям Таможенного Союза.

В 2015 году на производстве было освоено изготовление четверть-оборотного привода пневматического типа GBVA с крутящим моментом 22000 Нм, предназначенного для управления шаровыми кранами и дисковыми затворами в газовой и нефтяной промышленности. Степень локализации производства составила 75 %. Стальные детали обрабатываются на участке мех. обработки. Алюминиевые отливки, применяемые в изготовлении приводов, первоначально приобретались в Германии, но на данный момент, после мониторинга отечественных производителей, идет переориентация на российское алюминиевое литье.

Производство в Симферополе, конечно же, не ограничено только лишь изготовлением четверть-оборотных приводов. Также на площадке активно выпускаются линейные приводы из алюминия и стали, как для управления шиберными затворами, так и для решения задач промышленной автоматизации.

Уровень локализации по данным изделиям составляет около 50 %. Характеристики выпускаемых линейных пневматических приводов таковы: ход поршня до 6 000 мм, диаметр поршня до 500 мм включительно. Материалы гильз и крышек как из алюминия, так и из стали.

Локализация производства позволила снизить себестоимость изделий, сократить сроки поставки. Также были частично решены и социально значимые вопросы, такие как создание дополнительных высококвалифицированных рабочих мест и загрузка местного производства в Республике Крым.

НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ И ОПЫТНО-КОНСТРУКТОРСКАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ КАК ЭЛЕМЕНТ ПОДГОТОВКИ КАДРОВ НА КАФЕДРЕ «МАШИНОВЕДЕНИЕ И ОСНОВЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ» ИММИТ СПбПУ

Скотникова М. А., д. т. н., профессор, заведующая кафедрой «Машиноведение и основы конструирования», СПбПУ, Санкт-Петербург

Трубопроводная арматура имеет повсеместное распространение (от котельных жилых домов до нефте- и газопроводов), обеспечивая функционирование трубопроводного транспорта. Однако при работе подвижных разъемных соединений с вращательным и возвратно-поступательным движением (штоков арматуры) возникают проблемы изнашивания уплотнительных поверхностей (образование вырывов, борозд) и снижения герметичности пар трения.

Известно, что сухое трение в подвижной части арматуры сопровождается скачкообразным перемещением двух контактирующих (скользящих) поверхностей при упругом закреплении одной из них. В результате этого возникают вибрации, «дергание» при торможении, шум, нарушение плавности работы движущихся штоков арматуры, а в некоторых случаях — их заклинивание. Поэтому изучение физических причин фрикционных колебаний, влияние на них режимов эксплуатации и выбор материалов пар трения трибосопряжений при конструировании трубопроводной арматуры являются одной из важнейших задач. Такие задачи решают специалисты-триботехники.

Таких специалистов готовит кафедра «Машиноведение и основы конструирования» МиОК ИММиТ Санкт-Петербургского университета Петра Великого.

На кафедре успешно функционируют 4 учебно-научные лаборатории и российско-норвежский центр, практический опыт и результаты работы которых позволяют внедрять их в учебный процесс, в успешные защиты бакалаврских работ, магистерских и аспирантских диссертаций и в решение практических задач трубопроводной арматуры.

На примере ряда выпускных работ под руководством проф. Шамберова В. Н. на кафедре был разработан экспериментальный стенд для исследования сухого трения и проведения ряда натурных испытаний трехходового сальникового крана с конусной пробкой, используемого для магистральных трубопроводов. Исследовались скорости взаимного перемещения трущихся поверхностей и нагрузки, приложенные к ним.

Как показали эксперименты, силы трения покоя (пробка крана неподвижна) всегда превосходят силы трения скольжения (пробка крана находится в движении — поворачивается). Показано, что при определенной величине такого резкого снижения сил трения возникают фрикционные колебания в регулирующем органе.

Отношение силы трения покоя к силе трения скольжения возрастает в диапазоне от 1,3 до 1,6 раз с увеличением силы сжатия поверхностей, находящихся в контакте (силы поджатия пробки 4,63...7,13 Н), и с увеличением времени неподвижного контакта этих поверхностей (1...10 мин) перед страгиванием.

Показано, что силы трения скольжения уменьшаются с увеличением скорости скольжения, что также приводит к возникновению фрикционных колебаний в регулирующем органе.

НОВОЕ ПОКОЛЕНИЕ ДОМОВЫХ РЕГУЛЯТОРОВ ДАВЛЕНИЯ ГАЗА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ И КОМФОРТНОСТИ ГАЗОСНАБЖЕНИЯ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ И КОЛЛЕКТИВНЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

Золотаревский С. А., к. т. н., генеральный директор ООО «НПФ «РАСКО», Москва, Санин А. В., начальник отдела газового оборудования ООО «НПФ «РАСКО», Москва

Бесперебойное и безопасное газоснабжение потребителей — приоритетная задача в работе любой газораспределительной организации, и ее успешное решение в первую очередь зависит от качества эксплуатируемого оборудования.

В непростой экономической ситуации настоящего времени особое значение приобретает повышение экономической эффективности реализуемых проектов. Одним из возможных вариантов, позволяющим не только существенно расширить возможности уже существующих газораспределительных систем, обеспечив подключение дополнительных абонентов, но и одновременно обеспечить повышение комфортности и безопасности газоснабжения за счет стабилизации давления газа на входе в газопотребляющее оборудование потребителей, является повышение давления на выходе уже существующих поселковых газораспределительных пунктов (ГРП) с нынешних 30 мбар до, примерно, 50 мбар, с одновременной установкой на газовых вводах в дома потребителей стабилизаторов давления (например, ERG-M фирмы ESKA VALVE), обеспечивающих стабильное давление на уровне 20 мбар на входе в газопотребляющее оборудование (котлы, плиты и водонагреватели).

Применение данной технологии позволяет при минимальных затратах и сохранении существующей газораспределительной сети в населенном пункте (как правило,

требуется только перенастройка регулятора давления и предохранительных клапанов в составе поселкового ГРП) существенно (на 15–25 % и более) увеличить количество подключенных потребителей и/или допустимый объем газа, отбираемый соответствующими абонентами (например, при увеличении мощности отопительного оборудования в связи с увеличением отапливаемой площади), при одновременном повышении эффективности и безопасности работы газопотребляющего оборудования. Кроме того, указанные стабилизаторы давления могут быть размещены внутри отапливаемого помещения домовой котельной, что позволяет избежать возможных проблем с обмерзанием проточной части и снижением эластичности мембраны чувствительного элемента стабилизаторов в зимний период. К тому же, лучшие образцы таких стабилизаторов давления газа (в частности, упомянутые стабилизаторы давления ERG-M) имеют в своем составе встроенный предохранительно-запорный клапан, прекращающий подачу газа в случае повреждения выходного газопровода. Тем самым существенно повышается безопасность эксплуатации газифицированного дома.

В то же время новые газораспределительные системы, особенно для подачи газа к объектам, расположенным на определенном удалении друг от друга (например, к большим и средним коттеджам в составе коттеджного поселка), экономически наиболее целесообразно создавать с подачей потребителям среднего давления (0,3–0,6 МПа), с последующим его редуцированием до требуемых значений (20–30 мбар) домовыми газовыми регуляторами, устанавливаемыми, в зависимости от величины входного давления и конкретного проекта, в отдельно стоящих ГРП или закрепляемыми непосредственно на внешней стене объекта. Такие регуляторы давления, в частности двухступенчатый регулятор давления

газа ERG-S фирмы ESKA VALVE, кроме выполнения основной функции — поддержания стабильного давления газа на входе газопотребляющего оборудования, обеспечивают защиту от аварийного повышения входного и выходного давления газа, а также, как и стабилизаторы ERG-M, перекрытие подачи газа в случае падения выходного давления при повреждении внутридомового газопровода.

Необходимо также отметить, что, в силу известных экономических и политических причин, на российском рынке газорегуляторного оборудования, помимо тенденции к повышению надежности и функциональности применяемого оборудования, в последнее время наметился повышенный интерес к продукции отечественных производителей. Возникла жизненно важная задача обеспечить российского потребителя качественными и сравнительно недорогими приборами собственного производства. Многие компании, работающие в газовой сфере, уже предприняли шаги, направленные на повышение уровня импортозамещения, локализацию производства газорегуляторного оборудования в России. В частности, ООО «ЭЛЬСТЕР Газэлектроника» запустило производство уже упоминавшихся регуляторов давления газа серии MR и M2R по лицензии фирмы «Elster GmbH» на производственной базе в г. Арзамас Нижегородской области.

Серия MR SF6 уже стала популярной как на российском рынке газорегуляторного оборудования, так и за его пределами благодаря широкому диапазонам выходного давления, надежности и долговечности конструкции. В дополнение к данному типу с 2015 г. предлагается новая серия MR SF12 с увеличенной пропускной способностью и расширенным диапазоном входного давления (до 1,2 МПа).

К сожалению, более широкое применение современных систем газораспределения с использованием представленного оборудования, обеспечивающих не только существенное повышение комфортности и безопасности газоснабжения, но и резкое снижение затрат на их создание, в значительной степени сдерживается противоречивостью действующих нормативных актов и определенным правовым вакуумом, особенно в части, касающейся газоснабжения индивидуальных жилых домов и объектов ЖКХ. Поэтому совершенствованию нормативно-правовой базы в данной области необходимо уделять самое пристальное внимание. И без поддержки органов государственной власти здесь, по-видимому, не обойтись!

Резюмируя изложенное, можно сформулировать следующие выводы:

1. В непростой экономической ситуации настоящего времени особую актуальность применительно к решению рассматриваемых в статье вопросов приобретает ускоренное внедрение высокоэффективных и недорогих технических решений, направленных на улучшение качества предоставляемых услуг и повышение безопасности газоснабжения.

2. Необходимым условием для этого является радикальное совершенствование нормативной базы, посвященной вопросам применения и эксплуатации домового газового оборудования.

Контактная информация:

ООО «НПФ «РАСКО»

125464, Москва, ул. Митинская, 12

E-mail: info@packo.ru

Saïm: www.packo.ru

Тел./факс: (495) 970 1683 (многоканальный)

МЕЖДУНАРОДНЫЕ СТАНДАРТЫ ДЛЯ АРМАТУРОСТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ: ВОПРОСЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И ИНСТРУМЕНТЫ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ

**Подкорытова Л. П., исполнительный директор
ООО «Нормдокс», Санкт-Петербург**

Специалисты, работающие с зарубежными и международными стандартами, формулируют следующие требования к документам:

1. **Подлинность стандарта**, которую подтверждает разработчик стандарта или его официальное издательство.

2. **Легитимность, юридическая значимость документа** для его использования при решении судебных споров.

3. **Перевод стандарта**, являющийся справочной информацией, не замещающей оригинал документа.

4. **Актуальность** — в большинстве случаев используются именно действующие, вступившие в силу документы.

5. **Быстрое получение и бесплатность зарубежных НД.** Скачивание документов из Интернета — распространенная практика среди пользователей. Однако это нарушение авторских прав разработчиков стандартов, наказуемое штрафами и уголовной ответственностью.

6. **Многопользовательский доступ, право на печать и копирование.** Для одновременной работы сотрудников с документом, его копирования и распространения внутри предприятия необходима сетевая лицензия, дающая соответствующие права.

7. **Ссылочность внутри электронного документа и на внешние документы.** Необходимы гиперссыл-

ки, ведущие к предыдущим версиям документа или связанным НД.

Для удовлетворения данным требованиям существует ряд инструментов:

1. **Сайты разработчиков стандартов** наиболее полно предоставляют информацию по каждому из стандартов. Однако, если компания использует НД различных разработчиков, такой вариант неудобен — приходится работать с документами, «перепрыгивая» с сайта на сайт.

2. **Подписки через официальных дистрибьюторов на зарубежные стандарты или сборники стандартов от разных разработчиков.** Пользователи работают с документами в режиме 24/7 в русскоязычном рабочем пространстве, используют различные инструменты поиска и формируют подборки стандартов. В течение подписки пользователи уведомляются об изменениях в стандартах и бесплатно получают их новые версии.

3. **Корпоративные базы нормативно-технической информации (КБНТИ).** Такие системы используются в крупных организациях, работающих с большими массивами НТД, а также разрабатывающих на их основе внутренние документы. КБНТИ автоматизирует сопровождение и поддержки базы НД и ускоряет процесс разработки новых НД.

Каждая организация самостоятельно решает, какие инструменты использовать для управления нормативными документами, в зависимости от того, с каким объемом и как интенсивно работает. В России и странах СНГ подписки на зарубежные стандарты и системы КБНТИ предлагает компания «Нормдокс», поставщик легитимных зарубежных стандартов и переводов.

НОВЫЕ СТАНДАРТЫ В ОБЛАСТИ ТРУБОПРОВОДНОЙ АРМАТУРЫ

Дунаевский С. Н., заместитель директора АО «НПФ «ЦКБА» по научной работе, Тарасьев Ю. И., заместитель генерального директора АО «НПФ «ЦКБА», директор по научной и экспертной работе, Санкт-Петербург

В последние 2–3 года утверждается не менее чем по 5 новых национальных и межгосударственных стандартов в области трубопроводной арматуры в год. Стандарты проходят экспертизу в двух технических комитетах — ТК 259 «Трубопроводная арматура и сильфоны» или ТК 23 «Нефтяная и газовая промышленность». В связи с принятием нового федерального закона «О стандартизации в Российской Федерации» стандарты необходимо разрабатывать с учетом того, что на них теперь можно будет ссылаться в нормативно-правовых актах — законах, постановлениях и документах федеральных органов исполнительной власти. Это накладывает особую ответственность за качество стандартов.

Ниже приводятся наименования некоторых стандартов, утвержденных в 2015 году:

Некоторые стандарты, утвержденные в 2015 году:

- ГОСТ 12.2.063–2015 «Арматура трубопроводная. Общие требования безопасности». (Дата введения в действие — 01 апреля 2016 г.);
- ГОСТ 9544–2015 «Арматура трубопроводная. Нормы герметичности затворов». (Дата введения в действие — 01 апреля 2016 г.);
- ГОСТ 33257–2015 «Арматура трубопроводная. Методы контроля и испытаний». (Дата введения в действие — 01 апреля 2016 г.);
- ГОСТ 33259–2015 «Фланцы арматуры, соединительных частей и трубопроводов на номинальное давление от PN 1 до PN 200. Конструкция, размеры и общие технические требования». (Дата введения в действие — 01 апреля 2016 г.).

ВОЗМОЖНЫЕ ФОРМЫ УЧАСТИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ В ПОДГОТОВКЕ ВЫСОКОКВАЛИФИЦИРОВАННЫХ КАДРОВ ДЛЯ АРМАТУРОСТРОИТЕЛЬНОЙ ОБЛАСТИ

Белова О. В., к. т. н., доцент МГТУ им. Н. Э. Баумана, эксперт рабочей группы по вопросам внедрения и развития национальной системы квалификаций в РФ Национального совета при Президенте Российской Федерации по профессиональным квалификациям

Для решения кадровых проблем в высокотехнологичных и наукоемких отраслях и формирования Национальной системы квалификаций Указом Президента РФ от 16 апреля 2014 года № 249 был создан Национальный совет при Президенте Российской Федерации по профессиональным квалификациям (НСПК). МГТУ им. Н. Э. Баумана, как ведущий технический университет, является одной из базовых организаций, оказывающих экспертно-методическую и организационно-техническую поддержку его деятельности.

Для формирования и поддержки функционирования системы профессиональных квалификаций в различных областях

Некоторые Стандарты, находящиеся в разработке в 2015 году и планируемые к утверждению в 2016 году:

- ГОСТ «Арматура трубопроводная. Требования к маркировке»;
- ГОСТ «Обоснование безопасности. Рекомендации по разработке и оформлению»;
- ГОСТ «Арматура трубопроводная. Арматура обратная для магистральных нефтепроводов и нефтепродуктопроводов. Общие технические условия»;
- ГОСТ «Арматура трубопроводная. Методика проведения испытаний на огнестойкость».

Стандарты, включенные в Программу национальной стандартизации РФ по ТК 259 «Трубопроводная арматура и сильфоны» до 2020 г.:

- ГОСТ «Арматура трубопроводная. Паспорт. Правила разработки и оформления» (на основе СТ ЦКБА 031);
- ГОСТ «Арматура трубопроводная. Уплотнения на основе терморасширенного графита. Общие технические требования»;
- ГОСТ «Сосуды, работающие под давлением. Клапаны предохранительные. Требования безопасности» (взамен ГОСТ 12.2.085–2002);
- ГОСТ «Арматура трубопроводная. Сварка и контроль качества сварных соединений. Технические требования» (на основе СТ ЦКБА 025).

Некоторые стандарты, включаемые в Программу стандартизации для импортозамещения:

- ГОСТ «Арматура трубопроводная. Требования к материалам арматуры, применяемой для сероводородсодержащих сред» (на основе СТ ЦКБА 052–2008);
- ГОСТ «Арматура трубопроводная подводная для транспортировки нефти и газа» (на основе ISO 14723);
- ГОСТ «Арматура трубопроводная. Электрические исполнительные механизмы. Основные технические условия» (на основе EN 15714-2:2009);
- ГОСТ «Арматура трубопроводная. Пневматические исполнительные механизмы. Основные технические условия» (на основе EN 15714-3:2009).

профессиональной деятельности на общероссийском уровне при поддержке НСПК создаются Советы по профессиональным квалификациям кадров.

В задачи каждого отраслевого Совета по профессиональным квалификациям входят в том числе:

- изучение и обобщение опыта отдельных компаний отрасли по взаимодействию с образовательными организациями в части подготовки специалистов, востребованных в отрасли;
- организация деятельности по профессионально-общественной аккредитации образовательных программ в отрасли;
- развитие профессиональных стандартов;
- участие в экспертизе и актуализации федеральных государственных образовательных стандартов профессионального образования.

Отрасль арматуростроения на сегодняшний день нуждается как в воздухе в создании собственного Совета по профессиональным квалификациям. Это позволит объединиться разрозненным в настоящее время предприятиям-производителям, научно-исследовательским группам и образовательным учреждениям. Решение проблемы подготовки кадров для отрасли нам видится именно в созда-

нии Совета, в который вошли бы представители перечисленных выше сообществ, и который бы занялся в первую очередь формированием профильных направлений подготовки на всех уровнях образования; разработкой про-

фессиональных стандартов; созданием сертификационных центров для сертификации квалификаций в отрасли; проведением профессионально-общественной аккредитации программ.

БЕРЕЖЛИВОЕ ПРОИЗВОДСТВО НА АРМАТУРОСТРОИТЕЛЬНОМ ПРЕДПРИЯТИИ

**Савельев С. С., директор по развитию
ООО «ТД «Маршал», Москва**

Нередко, стремясь к модернизации производства, приобретая новое оборудование, предприятия не уделяют должного внимания тем потерям, которые возникают в результате неоптимальной организации производственных процессов. Применение же на производстве современного оборудования и технологий — является лишь инструментом в достижении целей высокой производительности, качества и надежности продукции, а вовсе не решением данных задач. Подобно тому, как хорошие кастрюли — не сделают Вас отличным поваром, а дорогая ручка — известным писателем, так и установленные на производстве современные обрабатывающие комплексы с ЧПУ — не сделают Ваше предприятие лидером отрасли.

Осознавая необходимость оптимизации производственных процессов и масштабы потерь, которое предприятие способно нести на различных этапах производства продукции, ЛЗТА «Маршал» ведет активную работу по внедрению концепции бережливого производства. Так, в 2014 г., несмотря на сложную ситуацию в г. Луганске, на ЛЗТА «Маршал» были проведены масштабные работы по снижению потерь, связанных с забраковкой деталей (внутренним браком), оптимизацией внутризаводской логистики и производствен-

ных запасов, внедрением концепции всеобщего управления качеством и др.

Борьба с потерями от забраковки деталей была определена как одна из приоритетных задач. С начала 2014 г. осуществлялся сбор статистики, расшифровка брака по видам работ, по причинам его возникновения. По результатам собранных данных проводились еженедельные и ежемесячные совещания, на которых принимались решения по оптимизации тех или иных процессов, ежедневно до каждого производственного подразделения доводилась информация по результатам работы, информация размещалась на досках визуализации.

По итогам 2014 г. в Руководство по качеству ЛЗТА «Маршал» были внесены изменения по 135 позициям (в результате чего оно было переиздано в 6-й редакции), разработаны 5 новых процедур СМК, изданы 5 новых редакций процедур СМК. В результате проделанной работы удалось добиться снижения количества внутреннего брака более чем в 3 раза. Также внимание было уделено оптимизации процессов, связанных с внутризаводской логистикой: минимизации перемещений полуфабрикатов по расстоянию, количеству перемещений, времени ожидания, отслеживаемости, управлению запасами и пр.

На основе составленных карт потока создания ценностей было осуществлено перемещение части оборудования, созданы промежуточные склады полуфабрикатов.

Несмотря на достигнутые результаты, ЛЗТА «Маршал» продолжает работу в данном направлении, рассматривая концепцию построения бережливого производства как непрерывный процесс.

ОБ ИСПЫТАНИИ ЗАПОРНО-РЕГУЛИРУЮЩЕЙ АРМАТУРЫ В АО «ЭНИЦ» (ЭЛЕКТРОГОРСК)

**Гашенко В. А., заместитель директора АО «ЭНИЦ»
по научной работе, д. т. н., Лабыкин И. С., главный
инженер АО «ЭНИЦ», г. Электрогорск**

Акционерное общество «Электрогорский научно-исследовательский центр по безопасности атомных электростанций» (АО «ЭНИЦ») является в настоящее время одной из ведущих неядерных исследовательских баз Госкорпорации «Росатом». АО «ЭНИЦ» имеет 6 лицензий Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор) на выполнение работ в сфере обеспечения надежности и безопасности эксплуатации АЭС и производственных объектов.

Система менеджмента качества АО «ЭНИЦ» сертифицирована на соответствие требований ГОСТ ISO 9001-2011.

АО «ЭНИЦ» является уникальной площадкой для проведения испытаний тепломеханического оборудования и экспериментальных исследований теплогидравлических процессов, реализующихся в номинальных, переходных и аварийных режимах работы АЭС, имеет доступ к источникам горячей воды ($P=17$ МПа; $T=170^{\circ}\text{C}$), перегретого пара ($P=10$ МПа; $T=540^{\circ}\text{C}$) и электроэнергии (до 5 МВт) и располагает более чем 20 уникаль-

ными экспериментальными установками (стендами). Все стенды оснащены современными автоматизированными системами сбора и обработки научной информации.

Высококвалифицированный научный и инженерно-технический персонал АО «ЭНИЦ» обладает большим опытом выполнения научных и опытно-конструкторских работ в области основных направлений деятельности предприятия. В АО «ЭНИЦ» в различные годы были успешно проведены испытания различных типов трубопроводной арматуры (ТПА), в том числе: ресурсных, на надежность, на «холодный» термоудар, эрозионно-коррозионный износ материалов затворов и др.

В АО «ЭНИЦ» может быть испытана следующая арматура: специальная (1, 2, 3 классы безопасности по ОПБ-88/97), предохранительная DN до 150; задвижки DN 100÷600; клапаны: запорные DN 10÷150, обратные DN 10÷500, регулирующие DN 10÷150, запорно-регулирующие DN до 100. Для выполнения работ в этом направлении АО «ЭНИЦ» имеет ряд аттестованных установок.

Госкорпорацией «Росатом» издан приказ от 14.08.2015 № 1/805-П «Об аккредитации АО «ЭНИЦ» в качестве органа по сертификации, выполняющего работы по подтверждению соответствия продукции, для которой устанавливаются требования, связанные с обеспечением безопасности в области использования атомной энергии, обязательным требованиям», выдан соответствующий аттестат аккредитации. В области аккредитации Центра находится и ТПА.

СПОСОБЫ ГЕРМЕТИЗАЦИИ ЗАТВОРОВ АРМАТУРЫ

**Савин С. В., главный конструктор,
Щербаков А. М., к. т. н., руководитель проекта,
АО «АРМЭКС», Москва**

Герметичность затвора — одна из важнейших характеристик трубопроводной арматуры всех классов, определяющая фактические протечки рабочей среды через уплотнительные поверхности запорных элементов трубопроводной арматуры — золотника и седла, находящихся в закрытом состоянии. Недаром характеристики герметичности затворов нормируются в каждой из систем стандартизации, начиная от внутренних стандартов организаций и заканчивая международными институтами по стандартизации. На территории РФ основные стандарты, определяющие нормы герметичности затворов трубопроводной арматуры различных классов, — это ГОСТ Р 54808-2011, а также обновленный ГОСТ 9544-2015.

Герметичность затвора — характеристика, прямым образом влияющая не только на технические показатели изделия (величина фактической протечки рабочей среды через закрытый затвор), но и на его конкурентоспособность и экономические показатели продаж. Согласитесь, что с точки зрения Заказчика, при прочих равных, предпочтение будет отдано изделию с лучшими показателями по герметичности затвора. И это легко объяснимо, ведь даже если откинуть в сторону системы, утечки рабочей среды из которых могут привести к авариям, в том числе техногенного характера, то утечки по затворам арматуры — это финансовые

потери Заказчика, выраженные в виде потерь рабочей среды, давления, развиваемого насосом, КПД системы и т. д.

Поэтому на сегодняшний день сформировалось четкое желание Заказчиков и проектантов систем получать трубопроводную арматуру различных классов с максимально возможными характеристиками по герметичности затворов. Стоит отметить, что, благодаря серьезному развитию технологий металлообработки, принципов конструирования, расчетных программных комплексов, разработке новых материалов как в области металлургии, так и в области органических материалов, сегодня многие предприятия успешно справляются с поставленной задачей повышения требований по герметичности затворов трубопроводной арматуры различных классов. Однако Заказчикам и проектантам систем необходимо учитывать и тот факт, что стремление к абсолютной герметичности затвора зачастую приводит к резкому усложнению конструкции самого узла затвора и, как следствие, снижению его надежности, а также резкому увеличению стоимости изделия в целом и затрат на его обслуживание (увеличенные интервалы сборки/разборки, дорогостоящие запчасти), поэтому во многих случаях такое стремление является неоправданным.

Учитывая вышесказанное, в предлагаемом докладе будут рассмотрены: известные и новые принципы обеспечения герметичности затворов трубопроводной арматуры различных классов; характеристики некоторых материалов и покрытий и результаты их применения; возможные варианты решения проблем герметизации затворов и примеры их конструктивного исполнения; влияние условий эксплуатации, а также некоторые методы диагностики герметичности затворов.

РЕШЕНИЯ SAMSON GROUP ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ТРУБОПРОВОДНОЙ АРМАТУРЫ

**Марков Д. В., Уснин М. И.,
ООО «Самсон Контролс», Москва**

1. Пневматические приводы Air Torque (SAMSON GROUP). Конструкции с реечным и кривошипным механизмом с крутящим моментом до 60 000 Нм, низкотемпературные исполнения до -60 °С.

2. Производственное подразделение «Самсон Контролс» в России. Возможности для автоматизации, испытаний и сервисного обслуживания трубопроводной арматуры.

3. Складская программа для основных типов арматуры, приводов, навесного оборудования и запчастей.

4. Интеллектуальные позиционеры серий 3730 и 3731 с поддержкой цифровых протоколов HART, Fieldbus, Profibus.



5. Новая серия позиционеров TROVIS SAFE для запорной арматуры, применяемой в аппаратных системах безопасности (SIS).

6. Диагностика EXPERT Plus. Применение теста частичного хода (PST) для минимизации издержек, возникающих по причине остановки участка производства для проведения полной диагностики оборудования.

7. Электромагнитные (соленоидные) клапаны, индуктивные и электрические сигнализаторы конечных положений Samson.

8. Общепромышленное и взрывозащищенное исполнение приборов.

9. Исполнение навесных приборов Samson для температуры окружающей среды до -60 °С.

10. Соответствие оборудования требованиям SIL, в том числе уровню безопасности SIL3.

НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТ АО «НПФ «ЦКБА» В ОБЛАСТИ ПОВЫШЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК МНОГОСЛОЙНЫХ СИЛЬФОНОВ

**Тарасьев Ю. И., зам. генерального директора, директор
по научной и экспертной работе АО «НПФ «ЦКБА»,
Санкт-Петербург**

Основные направления работ по повышению технических характеристик многослойных сильфонов:

- освоение сильфонов с обработкой слоев фторензидным составом МОКОМ;

- расширение диапазона применения сильфонов:

- 1) увеличение хода сильфона за счет режима «сжатие-растяжение»;
- 2) испытания сильфонов на «сдвиг»;
- 3) оценка работоспособности сильфонов при повышенных температурах (до 530 °С);
- 4) освоение новых типоразмеров сильфонов.

Участниками работ по освоению сильфонов с обработкой слоев фторензидным составом МОКОМ являются:

- АО «НПФ «ЦКБА»;
- ООО «Центр диагностики, экспертизы и сертификации»;
- БГТУ «Военмех» им. Д. Ф. Устинова;
- АО «Контур».

Результаты предварительных испытаний показывают увеличение ресурса сильфонов более чем в два раза. Например, для сильфона 38-20-0,2х6 ресурс по ГОСТ Р 55019 — 3000 циклов, а при испытании с обработкой слоев специальным составом — более 20000 циклов. Сильфон 95-16-0,25х8 вместо 5000 циклов по стандарту не разрушился даже при наработке 100000 циклов.

Научно-исследовательские работы в области многослойных сильфонов будут являться основанием для сня-

тия ограничения по числу опрессовок сильфонов арматуры АЭУ атомного флота и АЭС пробным давлением, а также совершенствования ГОСТ Р 55019–2012 «Арматура трубопроводная. Сильфоны многослойные металлические. Общие технические условия». При подготовке к изменению ГОСТ Р 55019–2012 будут также уточнены величины жесткости сильфонов, изменена структура обозначения сильфонов в связи с введением материала сильфонов, введен контроль сплошности внутреннего слоя сильфонов по требованию заказчика и другие изменения по предложениям основных изготовителей сильфонов.

ПРОБЛЕМНЫЕ ВОПРОСЫ В ЧАСТИ ИСПЫТАНИЙ ПРИ АУТОНОМНОЙ ОТРАБОТКЕ АГРЕГАТОВ ПНЕВМО-ГИДРАВЛИЧЕСКИХ СИСТЕМ Вновь СОЗДАВАЕМЫХ ИЗДЕЛИЙ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ

Беляков И. Б., зам. руководителя НТЦ-4Ц РКК «Энергия» им. С. П. Королева, Митрофанов Д. М., начальник сектора РКК «Энергия» им. С. П. Королева, г. Королев

Экспериментальная испытательная стендовая база была создана в 1964 г. по распоряжению академика С. П. Королева, для автономной отработки агрегатов пневмогидравлических

систем (ПГС) изделий ракетно-космической техники. За прошедшие 50 лет накоплен большой опыт в части организации, проведения, автоматизации, регистрации параметров испытаний при наземной автономной отработке агрегатов ПГС.

Основные проблемные вопросы:

- поддержание и модернизация испытательной стендовой базы;
- модернизация и аттестация средств автоматизации, регистрации и обработки параметров испытаний;
- квалификация персонала;
- экономические вопросы организации испытаний;
- пути повышения эффективности отработки агрегатов ПГС.

РАЗРАБОТКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА ВЫСОКОПАРАМЕТРИЧЕСКИХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ СИЛЬФОННЫХ УПЛОТНЕНИЙ ДЛЯ АРМАТУРОСТРОЕНИЯ

Чавшино М. Ю., генеральный директор НПК АСК, Санкт-Петербург

Целью настоящего инвестиционного проекта является производство высокопараметрических металлических сильфонных уплотнений из высоколегированных сталей аустенитного класса типа 18–10, применяемых в арматуростроении в важнейших отраслях промышленности, включая энергетическую, атомную, нефтегазодобывающую, химическую, судостроение, авиакосмическую и другие.

Предполагается освоение производства 5 базовых типоразмеров сильфонов диаметрами 24, 30, 40, 52, 65, новой конструкции, изготавливаемых по оригинальной технологии. По основным технико-экономическим показателям, таким как: металлоемкость, трудоемкость, масса, габариты, в сочетании с высокими эксплуатационными параметрами (рабочее давление среды, компенсационная способность, срок службы, ресурс), новые сильфоны значительно превосходят аналогичную продукцию по ГОСТ Р 55019-2012 и зарубежных производителей.

Проект предусматривает:

1. Расширение диапазона эксплуатационных параметров (несущая способность, прочность по давлению, компенсационная способность, показатели надежности), в т. ч.:
 - по давлению 20 ÷ 30 МПа;
 - осевая компенсация (рабочий ход) при максимальном давлении и циклической наработке до 30 %.

2. Повышение циклического ресурса в 2 ÷ 3 раза.

3. Возможность создания полнопроходных клапанов с минимальным гидравлическим сопротивлением, а также задвижек, кранов и универсальной сильфонной арматуры.

Тактико-технические показатели проекта

№ пп	Наименование показателей	Объем, количество, стоимость
1	Годовая программа (шт.)	24000
2	Диаметры условных проходов арматуры (DN), в которой используются сильфоны	6, 10, 15, 20, 25, 32, 40, 50, 65, 80, 100, 125, 150
3	Типоразмерный ряд сильфонов Dнар (мм)	24, 30, 40, 52, 65,
4	Количество устанавливаемого основного оборудования (ед.)	23
5	Проектная стоимость оборудования (долл. США)	249000
6	Проектная стоимость инструмента и оснащения (долл. США)	48555
7	Стоимость основных и вспомогательных материалов (долл. США)	652000
8	Трудоемкость в объеме годовой программы (ч)	18900
9	Производственная площадь (м²)	300
10	Общее число работающих (чел.)	18
11	Средняя зарплата одного работающего (руб.)	50000÷55000
12	Срок окупаемости (г.)	2÷3

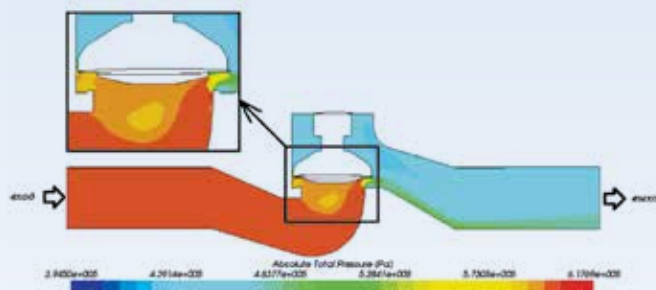
СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ПРИМЕНЕНИЮ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ РАЗРАБОТКЕ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ АГРЕГАТОВ ПНЕВМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Чернышев А. В., д. т. н., профессор МГТУ им. Н. Э. Баумана, Москва

В связи со сложившейся обстановкой большое количество агрегатов пневматических и пневмогидравлических систем (ПГС) попало в разряд импортозамещаемой продукции. Так случилось, что большое количество разработанных еще во времена СССР агрегатов бортовых систем различного назначения в настоящее время производится за пределами Российской Федерации. Соответственно, отечественный производитель должен взять на себя фактически восстановление и производство утраченных и создание новых агрегатов пневматических и пневмогидравлических систем. Прежде всего, это относится к авиационной, ракетно-космической и судовой технике. Агрегаты, на создание которых ушли годы, необходимо восстановить за кратчайший период времени.

Разработчики знают, что значительная, если не сказать большая, часть времени, отведенного на разработку новых изделий, затрачивается на их отработку и испытания. Данный процесс сложен, требует высочайшей квалификации специалистов и значительных временных и материальных ресурсов. Решение проблемы частичного сокращения затрат на этапе отработки агрегатов ПГС заключается в создании новых компьютерных технологий, которые будут использоваться при разработке новых изделий. Моделирование рабочих процессов в агрегатах ПГС, прежде всего переходных,

позволяет провести исследование работы устройств в различных режимах и при внешних воздействиях. Безусловно, без физического эксперимента при создании подобных устройств обойтись невозможно, но сократить их объем за счет значительного увеличения объема численного эксперимента вполне возможно. Кроме того, численному эксперименту зачастую подвластно то, что невозможно исследовать классическими методами физического эксперимента. Данный подход известен и уже применяется в различных областях техники.



В МГТУ им. Н. Э. Баумана разрабатывается концепция комбинированного подхода к разработке математических моделей и компьютерных программ, ориентированных на исследование динамических режимов работы агрегатов ПГС. Подход заключается в комбинации методов классической термо- и газодинамики открытых систем в приближении сосредоточенных параметров и методов и средств вычислительной газодинамики и гидродинамики в приближении распределенных параметров.

УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ГЕРМЕТИЧНОСТИ ЗАТВОРА НА ОСНОВЕ НОРМИРОВАНИЯ РАЗМЕРНО-ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ УПЛОТНЕНИЙ

Сейнов С. В., д. т. н., проф., чл.-корр. РАПК, Пензенский государственный университет, президент-научный руководитель НПО «ГАКС-Армсервис», Сейнов Ю. С., вице-президент НПО «ГАКС-Армсервис»

С целью оптимального выбора трубопроводной арматуры для различных производств, как в России, так и за рубежом применяются нормативные документы, регламентирующие герметичность затвора по 10 классам в виде допустимых для каждого класса утечек среды. Не вдаваясь в глубину функциональной сущности ограничений, встает проблема управления процессом герметизации применительно к каждому классу. В арматуростроении используются три основных метода обеспечения герметичности затвора. Первый — силовой, основанный на давлении герметизации, которое зависит от геометрической формы уплотнения. Второй — размерно-геометрический, опирающийся на выбор исходных метрических параметров уплотнений, учитывающий закономерности формирования межуплотнительного пространства, позволяющие достигать необходимые его размеры, гарантирующие утечки, предписанные каждому классу герметичности. Третий метод — конструктивный, ба-

зирующийся на разработке новых конструкций, создающих, по мнению разработчиков, некие благоприятные условия функционирования затвора.

Обязательное исполнение заданных ограничений по классам герметичности может быть реализовано на основе второго метода, который позволяет обеспечить нормативные требования технологическими методами. В подтверждение этого предложены известные математические модели утечек и ряд оригинальных моделей формирования межуплотнительного пространства герметизирующего соединения затвора. Представлены результаты исследований утечек в затворе во взаимосвязи с метрическими параметрами уплотнительных поверхностей, формирующих межуплотнительное пространство. По результатам исследований предложена методология формирования системы допусков метрических параметров, обеспечивающая соблюдение ограничительных требований по утечке. В ее основу положены принципы: а) управление герметичностью за счет оптимизации одного метрического параметра, относящегося к высокочастотным составляющим спектра неровностей; б) использование зон нечувствительности к утечкам по всем метрическим параметрам, относящимся к низкочастотным составляющим спектра неровностей. В качестве результата реализации методологии представлены нормативы метрических параметров, используемых в практической деятельности НПО «ГАКС-Армсервис» и внесенных в некоторые отраслевые стандарты.