

# Международное совещание МХО Интератомэнерго

(впечатления представителя ЗАО «НПФ «ЦКБА»)

■ Мурашев А. И., начальник сектора конструкторского отдела ЗАО «НПФ «ЦКБА»

МХО Интератомэнерго совместно с фирмой VELAN S.A.S. провело 2—7 апреля 2012 года традиционное международное совещание специалистов в области атомной энергии. Состоялось оно во французском Гренобле, а тема мероприятия сформулирована так: «Повышение технического уровня и совершенствование трубопроводной арматуры (ТПА). Насосы, вентиляция, приводы на АЭС. Обращение с РАО. Техническое обслуживание и ремонт». В период проведения совещания участники посетили насосный завод ClydeUnionPumps и арматурный завод VELAN.

В совещании приняли участие 60 представителей от 34 организаций, в том числе от ОАО «НИКИЭТ», ОАО «СПБАЭП», ОАО «ВНИИАЭС», ЗАО «НПФ «ЦКБА», АЭС «Козлодуй» (Болгария), Балаковской и Курской АЭС, французских и чешских производителей арматуры и многих других. По итогам совещания участниками была принята памятная записка (см. стр. 34—36 этого номера журнала «ТПА»)



## Гренобль

Гренобль (фр. Grenoble) — город на юго-востоке Франции. Центр департамента Изер и исторической области Дофинь. Крупный промышленный, научный и университетский центр французских Альп. Население более 155 тыс. человек. Гренобль расположен на пересечении трех долин в месте слияния рек Драк и Изер, окруженный высокими горами с трех сторон. Интересно, что, несмотря на свое местоположение на пересечении долин и возвышающиеся со всех сторон горы, он считается самым плоским городом Европы! Улицы прямые как стрелы, но они обязательно заканчиваются горой, по меткому выражению Стендаля, самого известного уроженца этого города. Гренобль особенно знаменит двумя датами: в 1788 году здесь, по сути, началась Великая Французская Революция, когда горожане победили правительственные войска, а в 1968 году город стал столицей зимних Олимпийских игр.



Гренобль, крупный промышленный, научный и университетский центр

Франции, для проведения международного совещания по проблемам атомной энергетики был выбран не случайно. Здесь находится одно из отделений Комиссариата по атомной энергетике, Центр ядерных исследований (CENG), а также институт Лауэ-Ланжевена, в котором расположены самый высокопоточный исследовательский ядерный реактор в мире и самый мощный источник синхротронного излучения. Впрочем, посещение сего закрытого объекта не входило в программу мероприятия, зато участники совещания посетили завод насосного оборудования в городе Анси, а также арматурный завод в Лионе. Но... обо всем по порядку.

## Совещание

На совещании с докладами выступили представители проектных институтов и организаций, связанных с проектированием трубопроводной арматуры и технологических систем атомных станций, с разработкой нормативных документов в области атомной энергетики, представители арматурных заводов и эксплуатирующих организаций. Полный список вопросов совещания представлен в памятной записке, размещенной на стр. 34—36. А мне бы хотелось остановиться подробнее на нескольких докладах.

С докладами о проблемах эксплуатации арматуры выступили представители Курской и Балаковской АЭС. В представленных сообщениях были освещены такие насущные проблемы, как мониторинг, диагностика и ремонт арматуры в условиях энергоблока АЭС. В результате проведенных диагностических работ на атомных станциях были выявлены основные причины и критические места износа арматуры больших диаметров: эрозионно-коррозионный износ патрубков дроссельно-регулирующих клапанов (ДРК) и напорных задвижек, а также размывы в районе подшипников оси подвески диска обратных клапанов (ОК). Были проведены работы по ремонту и повышению надежности арматуры:

- модернизация подшипниковых узлов ОК и ДРК с заменой подшипников качения на подшипники скольжения «Углекон-Т»;
- применение в сальниковых узлах и фланцевых уплотнениях материалов на основе терморасширенного графита;
- замена патрубков задвижек, ОК и ДРК на плакированные.

Проведенные ремонтные работы позволили продлить срок службы арматуры на 15 лет. В целях увеличения уровня надежности на Курской АЭС предусмотрена программа замены устаревшей арматуры на арматуру современных конструкций с плакированными внутренними поверхностями.

С учетом все повышающихся требований к арматуре, в том числе при применении ее на высокие параметры, особенно остро встает вопрос об использовании новых наукоемких технологий при производстве и конструировании арматуры. Применение дорогостоящих материалов, таких как нержавеющие высоколегированные стали, экономически не всегда оправдано, а использование коррозионно-стойких наплавов или плакированных сталей далеко не всегда технологически осуществимо. Здесь на помощь разработчикам арматуры приходит наука. Представитель Московского Энергетического Института (Рыженков В.А., д.т.н., профессор НИУ МЭИ) выступил с докладом о разработках в области создания сверхтонких покрытий и модификации поверхности металла. Было показано применение нанопокровов для шиберов и золотников запорно-регулирующей арматуры из различных материалов. В результате применения покрытий микротвердость поверхности увеличилась в 3—5 раз, а стойкость к эрозионному износу — не менее чем в 3 раза.

Другой результат применения наукоемких технологий докладчик из МЭИ (Волков А.В., д.т.н., профессор НИУ МЭИ) продемонстрировал на примере изменения свойств поверхности проточной части насоса. Для рабочего колеса при помощи формирования структурированного слоя металла на наноуровне достигается создание практически несмачиваемой (гидрофобной) поверхности. Вследствие этого скоростной поток жидкости, взаимодействующий с рабочим колесом, «проскальзывает», создавая минимальное сопротивление, и тем самым повышается КПД насоса. Применение данных методик в арматуре должно также благоприятно сказаться на снижении коэффициента сопротивления, способствовать улучшению гидравлических характеристик проточной части. Кроме того, данная поверхность за счет низкой смачиваемости лучше защищена от воздействий агрессивной среды, то есть повышается ее коррозионная стойкость.

МЭИ заявляет о возможности нанесения антифрикционных коррозионно-стойких покрытий для серийного производства крупногабаритных изделий (до 1800 мм). Покрытие не изменяет геометрию и

размеры деталей, структуру и свойства основного металла, и, кроме того, оно не подвержено отслоению и скалыванию за счет прочных структурных связей и малой толщины (до 30 мкм).

Разработаны технологии для продления ресурса эксплуатируемой арматуры и трубопроводов. Возможно удаление ранее образовавшихся продуктов коррозии и отложений, блокирование коррозионных процессов с одновременным созданием коррозионно-стойких покрытий. Это не может не привлечь внимание как производителей арматуры, так и эксплуатирующие организации. Проблема одна — финансирование. Любые исследования, касающиеся применения новых технологий для конкретных видов арматуры, ложатся на плечи заказчика (или производителя) арматуры, не всегда готового платить за результат, который, возможно, окупится далеко не сразу.

Выступление представителя ОАО «НИКИЭТ» (Ионайтис Р.Р., начальник лаборатории нетрадиционных средств управления и безопасности) было посвящено повышению уровня безопасности энергоблоков АЭС. Анализ возможных причин аварии на АЭС «Фукусима» выявил необходимость ужесточения требований к арматуре в целях повышения общего уровня безопасности на атомных станциях.

Одним из главных требований, предъявляемых к арматуре с точки зрения безопасности, является требование опробованности. Надежность арматуры должна быть подтверждена испытаниями и опытом эксплуатации на действующих объектах. Это требование, безусловно, важно с точки зрения получения данных о надежности арматуры, в том числе подтверждения безотказности работы. С другой стороны, в случае, когда речь идет об использовании новых наукоемких технологий в конструкции арматуры (современные антифрикционные материалы, наплавки и покрытия с использованием нанотехнологий и т. п.), весьма затруднительным представляется доказать опробованность арматуры нового поколения в условиях АЭС (тем более проектных), так как до сих пор новый материал наплавки или уплотнения в аналогичных условиях не применялся. Бывает невозможно доказать опробованность арматуры систем безопасности только потому, что надежная работа данного вида арматуры может быть подтверждена только в аварийной ситуации. А такой опыт эксплуатации, к счастью, есть не у каждой атомной станции. Как же тогда подтвердить опробованность такого вида арматуры?

Очевидно, надежность такой арматуры должна подтверждаться испытаниями на параметрах, максимально приближенных к условиям эксплуатации, а при необходимости и в аварийных условиях.

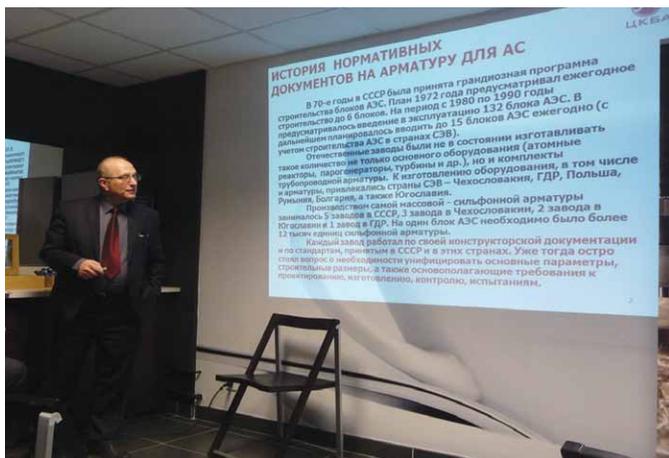
В докладе прозвучало немало ценных рекомендаций производителям арматуры и проектным организациям с точки зрения повышения безопасности и эффективности использования арматуры. Среди них рекомендации по снижению коэффициента сопротивления, повышению пассивной безопасности арматуры, уходу от многоцелевого использования арматуры для систем безопасности. Неоднократно упоминалась необходимость развивать системы диагностики арматуры для снижения отказов, повышения уровня безопасности.

Представители ЗАО «НПФ «ЦКБА» выступили с двумя докладами. В первом был представлен опыт кооперации с зарубежными партнерами по ТПА для АЭС. Совместно с французской арматурной компанией «Vanatome» были разработаны и проходят согласование проекты быстродействующих задвижек DN 150 и DN 300 с исполнением под оболочку. Аналогами разрабатываемой арматуры являются быстродействующие задвижки, поставленные «Vanatome» на АЭС Куданкулам и Тяньваньскую АЭС по проекту ОАО «СПбАЭП».

В докладе освещены вопросы применимости импортных сталей, наплавов, комплектующих и проблемы, возникающие при проектировании и расчете на прочность, учитывая различия российских и зарубежных норм и правил в атомной энергетике. Трудности воз-

никают при согласовании импортных комплектующих в российских разрешительных и проектных организациях. В частности, большой проблемой является отсутствие сертифицированных электроприборов для установки под оболочку.

Во втором докладе участникам совещания подробно рассказано о проекте ГОСТ «Арматура трубопроводная для атомных станций. Общие технические условия». В докладе изложена история нормативных документов на арматуру для АЭС от «Единых технических условий» (ЕТУ), ОТТ-82, ОТТ-87 до действующего в настоящее время НП-068, у которого много недостатков, неточностей, противоречий. Так, в классификации отсутствует арматура для АЭС с реактором БН, есть противоречия в терминологии, для ряда арматуры отсутствуют значения коэффициентов сопротивления, требования к контролю заготовок, сильфонов, требования к арматуре с ЭМП, и др. При применении НП-068 нередко возникают трудности у разработчиков и изготовителей арматуры.



ЦКБА в 2010-2011 гг. обобщило опыт применения НП-068-05, замечания изготовителей, проектных и эксплуатирующих организаций. При разработке проекта ГОСТ учтены предложения и замечания не только специалистов ЦКБА, но и основных изготовителей арматуры для АЭС, а также проектных организаций (СПБАЭП, НИАЭП). Разработанный проект стандарта распространяется на все виды и типы трубопроводной арматуры, и устанавливает технические требования при проектировании, изготовлении, приемке, испытаниях,

а также основные требования при эксплуатации, ремонте и утилизации арматуры.

В докладе дано обоснование необходимости установления требований к трубопроводной арматуре именно в национальном стандарте, а не в документе Ростехнадзора. А для исключения дублирования предложено переработать НП-068 в федеральные нормы и правила, в которых были бы записаны требования к безопасной эксплуатации арматуры.

В настоящий момент проект ГОСТ проходит стадию публичного обсуждения. Текст стандарта размещен на сайте ЦКБА [www.ckba.ru](http://www.ckba.ru). Информация о разработке публикуется в журналах «Арматуростроение» и «ТПА» (№ 1 (58) 2012).

Представители Санкт-Петербургского и Московского АЭПов (Михеев В. Е., главный специалист по оборудованию ОАО «СПБАЭП», Чернова Т. А., начальник отдела ОАО «АЭП») выступили с докладом о проблемах и задачах взаимодействия между проектными институтами, концерном «Росэнергоатом» и производителями арматуры. Применение средств автоматизации при создании новых проектов (ВЭР-ТОИ) требует создания унифицированной арматуры. Унификация должна быть введена по весогабаритным характеристикам, расчетным давлениям и температурам. Унификация необходима для однозначного выбора как при проектировании АС, так и при необходимости замены арматуры. С данной целью планируется создание и стандартизация единых опросных листов для поставщиков арматуры. В недалеком будущем для каждого варианта арматуры (в соответствии с опросным листом) будет установлен свой идентификационный номер (штрихкод), по которому и разработчик арматуры, и проектная организация будут четко понимать, в какой системе, на каких параметрах будет использоваться данная арматура.

Учитывая разнообразие технических требований, конструктивных решений, а также постоянно развивающуюся номенклатуру арматуры разных производителей представляется трудноосуществимым загнать всю эту палитру в единую стандартизованную сетку опросного листа. Пока представители проектных институтов видят больше трудностей в автоматизированной структуре проектирования, чем пользы. Но, поживем-увидим.

Мысль, которая прозвучала напоследок уже в ходе дискуссии, не вызывает никаких сомнений: «Разработчикам арматуры и проектным организациям для лучшего понимания общих целей и задач нужно общаться напрямую. И чем больше, тем лучше!». Никакие штрихкоды и опросные листы этого не заменят!

## ClydeUnionPumps

В рамках программы международного совещания МХО Интератомэнерго мы посетили завод насосного оборудования ClydeUnionPumps, расположенный в тихом уютном городке Анси у подножия Альп.



Анси (фр. Аннесу) — главный город департамента Верхняя Савойя. Департамент Верхняя Савойя родился в результате присоединения Савойи к Франции в 1860 году, принес с собой богатое приданое. С севера департамент прилегает к Швейцарии, а на востоке — к Италии. Горные пейзажи этого края поражают своим великолепием. С запада на восток сменяют друг друга долины Садев

и мощные хребты альпийских предгорий (Борн, О-Жифр, Шабле), а также массивы с высочайшими пиками, в том числе крыша Европы — Монблан высотой 4807 м (4810 по последним измерениям). Самым известным озером Верхней Савойи является, без сомнения, озеро Анси с его прозрачной водой. Благодаря своему положению — на берегу озера — Анси относится к излюбленным местам отдыха в этом регионе. Узкие улочки, вымощенные булыжником, подоконники, уставленные цветами, сквозные каналы напоминают кому Венецию, кому-то Прагу, кому Париж...



**Краткая справка**

ClydeUnionPumps, одна из лидирующих компаний — мировых производителей насосного оборудования, сформирована в 2008 году путем объединения фирм ClydePumps и UnionPump. Трехсотлетняя история развития отдельных заводов, вошедших в большую организацию, внесла свой вклад в общее дело компании ClideUnionPumps. Сегодня структура компании состоит из шести подразделений, ориентированных на конкретных клиентов. Подразделения обеспечивают накопление опыта по секторам нефтяной промышленности, ядерной энергетики, тепловой энергетики и промышленного водоснабжения. Компания ClydeUnionPumps входит в международную многоотраслевую корпорацию SPX, являющуюся одной из 500 крупнейших промышленных компаний мира. ClydeUnion имеет представительство в России и активно развивается на мировом и российском рынке.

Несмотря на то, что ClydeUnion по своему профилю не является арматурным заводом, было очень полезно посетить довольно крупное европейское производство, пусть даже и насосного оборудования.

Всегда интересно посмотреть, так сказать, изнутри: что же такое это пресловутое европейское качество? Что же все-таки на их заводах не так, как у нас, и, самое главное, что же нам можно было бы сделать, чтобы наше качество было не хуже, чем у них?

Нам показали весь производственный цикл изготовления насосов

— от заготовки до отгрузки готовых изделий. Завод осуществляет все виды механической обработки (токарные и фрезерные станки с ЧПУ), использует современное автоматизированное сварочное оборудование, проводит испытания готовых изделий на собственных расходных стендах. Предприятие имеет собственное инженерно-конструкторское подразделение, выполняющее конструирование и инженерные расчеты насосного оборудования. При проведении экскурсии Флорент Орманси, директор производства, особое внимание уделил организации производственного процесса на ClydeUnion.

Планирование всех стадий жизненного цикла изделия — разработка конструкции, технологической и производственной документации, планирование производственного процесса — осуществляется проектом-менеджером в единой системе менеджмента изделия. Это гибкий инструмент, позволяющий менеджеру проекта, конструктору, технологу или инженеру качества четко отследить, на какой производственной операции, в какой стадии находится разработка и изготовление изделия. Мониторы, отображающие всю необходимую информацию о производственном цикле, установлены на каждом рабочем месте. Это позволяет отслеживать и понимать общую картину производства конкретного изделия, детали как простому оператору, так и технологам, сервис-инженерам. Каждое подразделение видит общую структуру жизненного цикла изделия в интерактивном режиме. Менеджер производства, например, видит на мониторе, все ли части изделия прошли проверку и готово ли изделие к началу сборки (кстати, сборка не начинается, пока все детали узла не окажутся на стеллаже участка сборки). Инженер отдела качества, в свою очередь, распределяет очередность контрольных операций составных частей изделия в зависимости от занятости оборудования и степени готовности отдельных деталей узла. Менеджер проекта имеет четкую информацию о стадии готовности изделия к испытаниям и отгрузке.

Каждая деталь (партия однотипных деталей при серийном производстве) сопровождается маршрутным листом, составленным технологом с учетом планирования производства все в той же программе менеджмента изделия. На заводе ClideUnion введена система цветового дифференцирования продукции в зависимости от требований, предъявляемых к деталям (изделиям) различными отраслевыми стандартами. Так, в красные файлы помещают маршрутные листы для атомной продукции, в синие — для морской промышленности и т.д. Таким образом, рабочие, технологи, инженеры контроля быстро ориентируются по техническим требованиям, объему контроля, соответствующим данному виду продукции.

Контроль за точностью и качеством изготовления осуществляется после каждой производственной операции как оператором, так и инженером контроля на специальном участке. Деталь, не прошедшая контроль после предыдущей технологической операции, не может быть допущена для прохождения следующей. Это контролируется как автоматически (программно), так и посредством производственной службы контроля качества.



*Завод ClydeUnionPumps является частью международной корпорации SPX*



*на заводе ClydeUnionPumps*

# VELAN

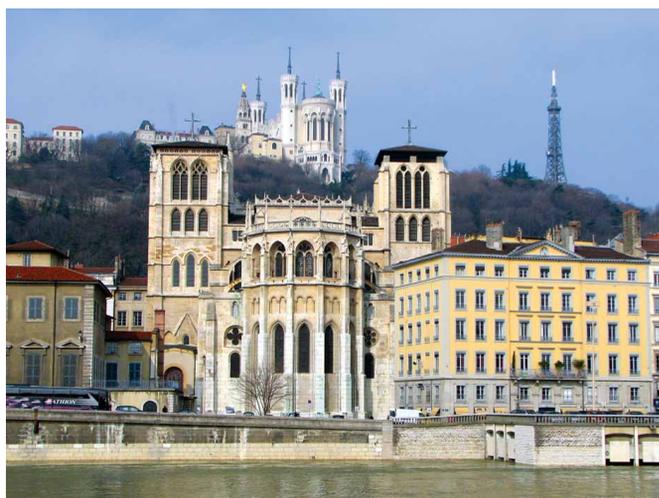
## Краткая справка

Канадская корпорация VELAN является одним из крупнейших мировых производителей арматуры. VELAN имеет ряд дочерних компаний по всему миру — в США, Европе, Корею, Тайване и т. д. Среди продукции компании можно отметить все типы запорной арматуры: задвижки, запорные клапаны, дисковые поворотные затворы, шаровые краны. Компания производит арматуру, предназначенную для различных отраслей промышленности: нефтяная, газовая, атомная, морская, химическая. VELAN поставляет специфическую арматуру, рассчитанную как на высокие параметры, так и для экстремально низких температур.

Мы посетили фабрику, расположенную в крупном промышленном центре Франции — городе Лион.

Лион (фр. *Lyon*) — столица французского региона Рона-Альпы, один из крупнейших европейских городов, второй по величине во Франции. Сами лионцы любят повторять, что их город возник на двух холмах: первый — «холм, который работает», второй — «холм, который молится».

В эпоху наибольшего расцвета торговли, в XVII веке, была построена роскошная площадь Белькур — сердце Лиона... Она считается одной из самых больших площадей в Европе. В центре ее стоит статуя Людовика XIV. Постамент его украшен аллегорическими изображениями двух рек: мужчина изображает Рону, женщина —



Сонну — реки, на слиянии которых и возник Лион.

По ним в Лион привозили товары со всей Европы и тут же, на пристани, продавали. Лион издавна был столицей шелкоткачества во Франции. Ткацкие станки стояли даже в квартирах рабочих и к концу XIX в. их насчитывалось около 50 тысяч. Сейчас ткацкие станки можно встретить только в музеях, при этом они до сих пор находятся в рабочем состоянии.

Производственная площадка VELAN в Лионе специализируется на изготовлении клиновых задвижек и тарельчатых клапанов для различных отраслей промышленности — нефтяной, газовой, атомной.

На организации производственного процесса подробно останавливаться не буду, так как основные каноны европейского обеспечения и контроля качества выдержаны, конечно, и на заводе VELAN. В глаза бросается так редко свойственная российским заводам четкая структурированность производственных площадок, отделенных прозрачными боксами или просто зонами, размеченными на полу. Для каждой площадки обустроены информационные стенды для облегчения работы оператора и, конечно, с правилами безопасности. Хорошая освещенность, чистота, порядок на рабочих местах и в цехах. Кстати, для нашей встречи представители компании подготовили специальные стенды, информирующие о каждой производственной операции, попросили операторов и рабочих самих рассказать об особенностях своего дела, ответить на наши вопросы. Это было особенно полезно для нас, так как удалось узнать много интересного и полезного, в частности по технологии сварки и наплавки, притирке и сборке арматуры.

В качестве заготовок корпусных и других деталей используются отливки и поковки, произведенные у смежных производителей. Качество литья, как утверждают веланцы, хорошее. Контроль отливки проходят на металлургической фабрике, а также при поступлении на производство VELAN.

На фабрике размещено оборудование для внутренней обработки корпусов (3D и 5D-фрезерные станки с ЧПУ и обрабатывающие центры), электроэрозионные станки для изготовления деталей



сложной формы (клины, диски, седла и пр.). Наплавка на плоские поверхности седел и клиньев производится автоматическим способом.

Операция наплавки заслуживает отдельного внимания. Во-первых, все автоматизировано. Деталь наплавляется без непосредственного участия человека. Функцией оператора является только контроль за процессом (рабочий смотрит на монитор, куда выводится изображение



*Автоматизированная операция нанесения наплавки на уплотнительную поверхность клина задвижки*

с рабочего пространства станка). Во-вторых, на мониторе видны все контролируемые в процессе наплавки параметры — температура заготовок и наплавляемой поверхности, подача наплавляемого материала, режим наплавления и охлаждения и пр. Ну и наконец, компьютерная программа, в соответствии с которой происходит весь процесс. Растровое послойное нанесение наплавки с заданной частотой шага и скоростью подачи должно обеспечивать отличное качество наплавляемой поверхности, которое тщательным образом контролируется по завершении процесса наплавки и обязательной термической обработки.

QCD (QualityControlDepartment) — ОТК, по-нашему, — осуществляет всевозможные виды контроля на каждом этапе производства: входной контроль литейных и кованых заготовок, пооперационный контроль после механической обработки, сварки, наплавки, контроль на этапе сборки, нанесения покрытия, окраски и упаковки. В соответствии с конкретными требованиями заказчика составляется лист пооперационного контроля, сопровождающий деталь на протяжении всего производственного цикла. Здесь так же, как и на заводе ClideUnion, применена цветовая градация по типу отраслевого применения арматуры (только вместо разноцветных папочек, используемых на заводе ClideUnion, на Velan к листу контроля приклеивают цветные кружки).

Предприятие имеет все необходимое оборудование для осуществления измерительного контроля: измерительная 3-х координатная машина, оборудование для контроля толщины стенок деталей и толщин покрытий. Мы обратили внимание, насколько тщательно рабочие подходят к любой операции. Для измерений и визуального осмотра предусмотрены удобные верстаки с настраиваемыми кронштейнами и опорами под разные детали. Контролер не приступает к операции, предварительно не подготавлив поверхность, которую собирается измерять — снимает заусенцы, обезжиривает (кстати, детали на контроль поступают уже очищенные от стружки и масла).

Мы наблюдали, как осуществляется контроль прилегания поверхностей уплотнения клиновых задвижек. Клины должны идеально подходить к седлам. Поверхности седел и клина, предварительно обработанные, наплавленные, отшлифованные, направляют на притирку. Операция притирки седел осуществляется эксцентриковыми притирочными машинками, помещаемыми внутрь корпуса. Поверхности клина притираются на горизонтальном притирочном станке (плоская притирочная плита). Также есть оборудование для притирки сферических поверхностей. Из всей партии задвижек подбираются наиболее подходящие друг другу пары корпус-клины.

Окончательная подгонка уплотнительных поверхностей происходит после предварительной сборки (примерки клина).

Velan применяет в задвижках разработанную и запатентованную технологию разрезного клина. Поперечные разрезы придают клину большую гибкость, что позволяет использовать задвижки на высокие температуры и давления. Упругие свойства металла обеспечивают равномерное поджатие клина к седлам, что, в свою очередь, обеспечивает герметичность задвижки в обоих направлениях даже при больших температурных градиентах и изгибных усилиях от трубопровода.



*Применение в конструкции клина поперечных разрезов увеличивает гибкость детали, обеспечивая лучшую герметичность*

Для испытания произведенной арматуры Velan имеет несколько лабораторий, где проводятся всевозможные проверки как арматуры в сборе (испытания на герметичность различными средами, расходный стенд, стенд для проверки огнестойкости, стенд для проверки криогенной арматуры и пр.), так и отдельных ее частей — стенд для проверки прочности штоков, измерительный стенд для проверки твердости покрытий шиберов и седел.

Конструкторское бюро Velan в Анси состоит из 50—60 инженеров-конструкторов и расчетчиков. Конструкторы используют систему 3D-проектирования Pro-Engineer, а также вспомогательную программу 2D для выполнения схем и эскизов. Прочностные и гидравлические расчеты ведутся в ANSYS. Как утверждает начальник конструкторского бюро, расчетные значения гидравлических характеристик арматуры редко расходятся с данными, полученными в лаборатории при испытаниях арматуры. Так, расхождение расчетного значения коэффициента сопротивления обратного затвора с величиной, измеренной во время испытаний на расходном стенде, не превышала 5—10 %.



*После встречи произошел взаимный обмен галстуками с представителями фирмы VELAN*

**В завершении хотелось бы поблагодарить МХО Интератомэнерго, арматурный завод VELAN и завод насосного оборудования ClydeUnionPumps во Франции за теплый прием и организацию совещания, которое, без сомнения, было полезно для расширения контактов и укрепления сотрудничества между производителями арматуры, проектными и эксплуатирующими организациями в области атомной энергетики.**