

# Наукоёмкие технологии для атомной отрасли. Опыт отечественных и зарубежных производителей

**Необходимость соблюдения стандартов на поставляемое оборудование для АЭС требует применения инновационных разработок. Наукоёмкие технологии в области создания трубопроводной арматуры для контрольно-измерительных приборов (КИП) и систем безопасности для АЭС используются как отечественными, так и зарубежными производителями. По имеющемуся опыту создания технологических систем АЭС количество единиц арматуры для систем КИП и систем безопасности составляет около 68% от общего объема используемой арматуры. Запорная арматура составляет 5%, а остальная часть приходится на регулирующую, распределительную, предохранительную арматуру и обратные клапаны. Поэтому безопасность и надежная эксплуатация систем АЭС напрямую связана с качеством поставляемого арматурного оборудования и надежностью его работы.**

При эксплуатации систем трубопроводная арматура и её элементы подвергаются воздействию самых различных факторов: высокой температуры, различного давления или вакуума, вибрации, действию агрессивных сред и т. п. Поэтому требования, предъявляемые к арматуре, весьма разнообразны. Главные из них – это коррозионная стойкость, прочность, надежность и долговечность, технологичность при изготовлении, предельная унификация деталей арматуры и её соединительных элементов, ремонтпригодность. Следует отметить, что некоторые требования противоречат друг другу и не могут быть обеспечены одновременно. Поэтому на мировом рынке существует множество различных конструкций, каждая из которых является определенным компромиссом для этих противоречивых требований. Создание любой арматуры невозможно без применения соединительных элементов. От качества исполнения этих, казалось бы, незначительных деталей, зависит надежность системы в целом.

В отечественной промышленности чаще всего применяются фланцевые, штуцерные соединения, резьбовые муфты и сварка. Фланцевые соединения фиксируются болтами, между которыми устанавливается прокладка. Основное преимущество фланцевого соединения – возможность его многократной сборки-разборки. Однако расход металла при производстве фланцев весьма значительный, трудоёмкость изготовления высока.

Муфтовое соединение более технологично, поскольку резьба может формироваться различными способами: штамповкой, накаткой или нарезкой. Соединение такого типа требует дополнительной герметизации льном или тефлоновой лентой. К недостаткам тако-



го соединения следует отнести уменьшение толщины стенки трубы вследствие нарезки резьбы. Это приводит к снижению прочности соединения и не позволяет использовать тонкостенные трубы. Штуцерное соединение представляет собой пару, на одном из соединяемых концов которой нарезана наружная резьба, а ответная часть стягивается с ней при помощи накидной гайки. Герметизация соединения достигается прокладкой или самой формой сопрягаемых частей: «шар-конус», «сфера – конус». К достоинствам штуцерного соединения следует отнести возможность его применения в условиях высоких температур и агрессивных сред. Основными недостатками являются очень жесткие требования к исполнению формы сопрягаемых элементов и качеству обработки их поверхностей. Детали для данного соединения могут быть изготовлены только с использованием узкоспециализированного высокоточного оборудования, что делает невозможным производить ремонт и оперативную замену элементов трубопроводов в условиях АЭС. Соединения подсоединяемых концов арматуры и трубопроводов при помощи сварки, как правило, можно качественнее выполнить при больших диаметрах трубопровода. Качество сварных швов сильно зависит от применяемого сварочного автомата и квалификации сварщика, а к материальным затратам на выполнение одного такого соединения следует добавить стоимость работ по подготовке концов свариваемых соединений, а также затраты на проведение контроля полученного шва.

Следует также отметить, что для систем КИП отечественная промышленность не производит арматуру диаметром менее 6 мм. В основном производится кованая арматура с соединительными элементами под сварку. Компания «HAM-LET» (Израиль) представляет новое слово в технологии соединений трубопроводной арматуры. Это универсальное решение в области соединительных элементов трубопроводов – фитинги с оригинальной системой уплотнения «LET-LOK» (рис. 1, 2). Конструкция предлагаемого фитинга обеспечивает надежную герметизацию соединения в условиях самых жестких требований по давлению, температуре и воздействию рабочей и окружающей среды. Представленное соединение лишено недостатков, рассмотренных ранее,

и позволяет выдерживать давление свыше 400 кгс/кв. см в условиях низких и высоких температур, оставаясь при этом разборным. Уплотнение «LET-LOK» представляет собой «механический зажим», затягиваемый гайкой. Для сборки соединения достаточно вставить ровно обрезанную трубку во внутреннюю торцевую проточку корпуса оборудования (фитинга) до упора и затянуть гайку. При вращении гайки обжимное кольцо, находящееся между гайкой и корпусом, обеспечивает герметичное уплотнение по всему периметру соприкосновения трубопровода с арматурой. Для систем КИП компания предлагает широкий ассортимент различных элементов изделий и оборудования: тройники, угольники, переходники, обратные, регулирующие и предохранительные клапаны с возможностью настройки давления срабатывания в диапазоне от 0,05 до 413 кгс/кв.см, фильтры для защиты технологических систем от различных частиц и примесей со степенью фильтрации от 0,5 до 90 микрон, защитную арматуру и многое другое. Габаритные размеры, весовые характеристики, дизайн предлагаемого оборудования значительно превосходят отечественными аналогами. Для ведения поверхностного монтажа оборудование может быть выполнено и в моноблочном исполнении. Отечественная промышленность подобную арматуру для АЭС не производит. Поэтому системы КИП, оснащенные отечественным оборудованием, получаются очень громоздкими, сложными в обслуживании и трудоёмкими при выполнении ремонтных работ, особенно в условиях АЭС.

Использование в проектах предлагаемого израильской компанией оборудования с оригинальным уплотнением позволяет про-

ектантам производить моделирование вспомогательных систем любой сложности и вести их монтаж на высоком техническом уровне в сжатые сроки. Параметрический ряд фитингов охватывает размеры труб от 2 до 50 мм при толщине стенки от 0,8 до 4 мм. Фитинги можно многократно разбирать и устанавливать вновь без потери герметичности. Для сборки соединений используются ручные инструменты, а к работам может быть допущен персонал без специальной подготовки. На сборку одного соединения диаметром 10 мм затрачивается не более 40 секунд. Следует также отметить, что совокупность имеющихся достоинств данного соединения позволяет обеспечить высокую ремонтнопригодность всей трубопроводной системы.

Соединения легко можно использовать и при изготовлении шкафов управления в модульном исполнении, включающих в себя трубопроводы и элементы КИП, для обслуживания вспомогательных систем мощных насосов и насосов первого контура. Применение однотипной конструкции уплотнений для широкого параметрического ряда изделий, единая система классификации и обозначений позволяют унифицировать все технологические процессы и добиться наивысшего качества при изготовлении, монтаже, обслуживании и ремонте. Многократная повторная сборка соединения значительно снижает затраты на их ремонт и обслуживание и существенно упрощает эксплуатацию готовых систем и их узлов.

Предельная унификация деталей позволяет проектантам систем АЭС выбирать наиболее подходящий вид соединения. Проектирование по модели 6D еще больше упростит задачу по

выбору оборудования и обеспечению формирования заказов от поставщика. Стандартным материалом при изготовлении деталей фитингов «LET-LOK» является нержавеющая сталь, в результате чего достигается высокая коррозионная стойкость и надежность собранных систем. Детали фитинга могут быть изготовлены и из других материалов для работы в морском климате и в ядовитых средах. Использование уплотнения типа «металл по металлу» позволяет обеспечить высокие показатели надежности при эксплуатации оборудования систем КИП на всех режимах работы энергоблока, включая нерегламентные. Изготовление фитингов высокого качества является одной из приоритетных задач компании «НАМ-LET». Имея за плечами 50-летний опыт по производству трубопроводной арматуры, компания опирается только на последние достижения в технике. Элементы трубопроводной арматуры производятся с минимальными допусками на современном оборудовании. Изделия проектируются и испытываются таким образом, чтобы даже при 4-кратном превышении обусловленного давления они не разрушались и не причиняли вреда обслуживающему персоналу и окружающей среде.

Для расширения сотрудничества с российскими партнерами компанией была проведена работа по сертификации и получению разрешения Федеральной службы по экологическому, техническому и атомному надзору на применение в России ее продукции. В настоящий момент специалисты компании «НАМ-LET» совместно с несколькими российскими предприятиями ведут совместные проекты для нужд ООО «Газпром». Уровень качества выпус-

каемой компанией продукции соответствует требованиям международных стандартов ISO 9001, Lloyds, DNV, S.A.E., MIL-F-18866, ASME и ASTM. Ее продукция также имеет сертификат соответствия российского образца – ГОСТ Р.

Использование предлагаемой конструкции уплотнения и оборудования позволяет производить монтаж трубопроводных систем с использованием тонкостенных трубок. Применение тонкостенных трубок снижает вес монтируемых систем, облегчает их монтаж, уменьшает количество промежуточных опор, фиксаторов и сокращает затраты на производство готовой продукции. В числе потребителей продукции компании находятся ведущие мировые производители оборудования для АЭС и предприятия нефтегазовой промышленности России. Оборудование фирмы «НАМ-LET» уже успешно эксплуатируется на АЭС в Венгрии, Англии, Швеции, Турции, Израиле и многих других странах. Предлагаемые компанией технологии по массовости производства и уровню качества на сегодняшний день не имеют аналогов в отечественной промышленности. Это один из положительных примеров использования наукоёмких технологий в оборудовании, поставляемом на атомные электростанции. Сегодня Госкорпорация «Росатом» ставит перед поставщиками оборудования и материалов задачу широкого внедрения инновационных технологий, повышающих безопасность и увеличивающих сроки эксплуатации АЭС.

**В. С. ШИШКИН,**  
эксперт НП «НЦ Атоммаш»  
**Н. Я. ЛЕОНТЬЕВ,**  
генеральный директор ЦКВТ

## High Technologies for the Nuclear Industry. Experience of Russian and Foreign Manufacturers

**Innovation developments are required to meet the requirements to the equipment supplied for NPPs. High technologies are used by Russian and foreign manufacturers in the development of pipe fittings of instrumentation. The experience in the technological systems of NPPs shows that instrumentation armature units make 68 percent of the total number of the fittings used in the construction. Stop valves make 5 percent, while the rest part is constituted by control fittings, distribution valves, safety valves and check valves. Thus, the safety and reliability of NPP operation depend upon the quality and reliability of the fittings supplied.**

During the operation the pipe fitting and its components are exposed to various factors: high temperature, various pressure and vacuum, vibration, hostile environment, etc. That is why the requirements to the fitting vary very much. The main requirements are as follows: corrosion resistance, strength, reliability and durability, manufacturability, unification of the fitting components, maintainability. It should be noted that some requirements contradict each other and cannot be met simultaneously. That is why many different designs are offered at the world market, each of them presenting a kind of a

compromise of the contradicting requirements. Production of any fitting is impossible without the use of connection elements. And the reliability of the system depends on the quality of the workmanship of these components that might seem insignificant.

Russian industry uses mostly flange couplings, nipple joints, screw sockets and welding. Flange couplings are fixed by bolts and washers. The flange coupling has the advantage of a possibility of multiple mantling and dismantling. But the high consumption of metal and labor intensiveness in the production may be referred to as disadvantages of flange couplings.

Socket joints are characterized by manufacturability since the screw may be done by various means: punching, knurl or cutting. Such joints must be additionally pressurized with flax or a teflon tape. The disadvantage is the lesser thickness of the pipe due to the cutting of a screw. That results in the decreased durability of the joint and does not allow to use pipes with thin walls.

A nipple joint is a couple on the one end of which an external thread is made while the counterpart is connected with the first part by means of a captive nut. Pressurization of the joint is ensured by a washer or by the mere form of the mating parts: «ball – cone» or «sphere







– cone». The possibility to use the joint at high temperature and in the hostile environment may be referred to as the advantages of the joint. Tough requirements to the form of the mating parts and the quality of the surface processing are considered to be the disadvantage of the joint. The components may be manufactured only with the use of special high precision equipment, which makes it impossible to repair and replace the components in the conditions of a NPP. The quality of connecting the mating parts by means of welding can be ensured if the diameter of the pipe is large. The quality of the welding depends upon the welding set and the experience of the welder. The material cost of such a joint also includes the cost of the preparation of the welded ends and the cost of the weld seam quality control.

It is also noteworthy that Russian enterprises do not manufacture armature for the instrumentation with diameter less than 6 mm. Mainly, forged armature is produced with connection elements fitted for further welding. HEM-LET company (Israel) presents a new word in the technologies of pipe fitting connection. This is LET-LOK, a comprehensive decision in the field of connection elements for pipelines (see fig. 1,2). The design of the fitting ensures reliable pressurization of the connection and meets the toughest requirements in terms of pressure, temperature and impact of the workspace and the environment. The joint has no disadvantages mentioned above, and endures the pressure of 400 kgc/cm<sup>2</sup> in the conditions of low and high temperatures and still remains dismantlable. LET-LOK compaction is a «mechanical clamp» fastened with a nut. To assemble the connection one should fix an evenly cut pipe into face groove of the equipment case (fitting) up to the stop and to fasten the nut. When the nut is rotated the ferrule between the nut and the case ensures the pressurization at the perimeter of connection of the pipe with the armature. The company offers

a wide range of connection elements and equipment for the instrumentation: T-joints, fences, adapters, check valves, control valves, safety valves that allow to tune the pressure in the range of 0.05 to 400 kgc/cm<sup>2</sup>, as well as filters to protect technological systems from various particles with the filtration degree in the range of 0.5 to 90 micron, protective armature, etc. Dimensions, weight and finishing of the equipment are much better than those of analogous fittings. To allow the surface mounting, the equipment can be manufactured as one piece. Russian enterprises do not manufacture such equipment for NPPs. That is why the instrumentation of Russian production is bulky, complicated in maintenance and their repair is very labor intensive, especially in the conditions of a NPP.

Due to the use of the equipment with an innovative compaction offered by the Israeli company designers can model backup systems of any complexity and to mantle them at high technical level and in the shortest period of time. The parametric range of the fitting includes pipes with the diameter from 2 to 50 mm and with the wall thickness of 0.8 to 4 mm. The fitting can be dismantled and assembled many times without any depressurizing. Hand-tools are used to assemble the connections, and personnel without any special training can do the job. To assemble one connection with the diameter of 10 mm it takes only 40 sec. It can be noted that the combination of the advantages of the joint ensures high maintainability of the pipe system.

The joints may be used to produce one-piece control cabinets that include pipelines and instrumentation elements and are used to control backup systems of powerful pumps and pumps of the primary cooling circuit. Due to the use of the compaction of a wide parametric range, the uniform system of classification and designation, it is possible to unify all technological systems and to ensure high quality of the manufacture, assembly, maintenance and repair. Multiple con-

nection and disconnection of the joint results in the lower cost of repair and maintenance and facilitates the operation of the produced systems and their units.

Due to the unification of the components designers of the NPP systems can choose the most appropriate construction of the joint. 6D design will facilitate the task of the equipment selection and formation of orders to suppliers. The standard material used to produce components of LET-LOK fitting is stainless steel, which results in high corrosion resistance and reliability of the systems. The components can be manufactured of other materials to fit for operation in sea climate and in poisonous environment. The use of «metal on metal» compaction ensures high reliability of the instrumentation equipment at all regimes of a power-generating unit operation, including non-standard (failure) regimes. Production of high quality fittings is a priority of HAM-LET activities. Having accumulated a 50-years experience in pipeline armature, the company uses only state-of-the-art achievements in the technical field. The elements of the pipeline armature are manufactured with minimum tolerance and with the use of modern machinery. Due to their design and workmanship, the products are not destroyed and are not hazardous to the personnel and the environment even if the pressure is increased 4-fold.

To develop the cooperation with Russian partners, the company has certified the production and received permits of the Federal Service for Ecological, Technical and Nuclear Supervision to use the products in Russia. Specialists of HAM-LET in partnership with several Russian companies are engaged in joint projects for Gazprom LLC. The quality of the products conforms to such international standards as ISO 9001, Lloyds, DNV, S.A.E., MIL-F-18866, ASME and ASTM. The company has also received a conformance certificate GOST R.

Due to the use of the compaction and equipment designed it is possible to assemble pipeline systems with the walls of small thickness. It results in lower weight of the pipeline systems, simple assembly, lesser number of saddles and holders and in lower cost of production. World manufacturers of the equipment for NPPs and Russian oil and gas companies are among the consumers of the HAM-LET products. The equipment of the company is used at nuclear power plants in Hungary, Great Britain, Sweden, Turkey, Israel and in many other countries. From the point of view of the scale of production and the quality level the products cannot be equaled to any equipment produced in Russia.

This is one of the positive examples of the use of high technologies for producing equipment for nuclear power plants. Now Rosatom Corporation poses a problem of introducing innovation technologies that would result in safety and longer operation life of NPPs.

**V. S. SHISHKIN,**  
**Expert of Atom mash Scientific Enterprise**  
**N. Ya. LEONTIEV,**  
**General Director, Center Contest and**  
**Exhibition Technologies**