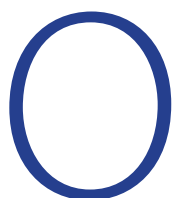


**О.Н. Шпаков**, кандидат технических наук, технический эксперт НПАО

# Стандарты по трубопроводной арматуре – первые в истории науки и техники

Когда видишь изображение элемента акведука – башни с рядом труб и кранов, возведенной древними римлянами 2000 лет назад для преодоления самотечным водопроводом поймы реки, восхищает красота инженерного решения и мастерство производителей трубопроводной арматуры и труб одинаковой конструкции и размеров. Изготовить подобные комплекты без стандартизации было бы невозможно. В изданной в 2017 году книге автора [1] не приведены сведения об истории создания первых в жизни человечества стандартов, хотя эти сведения важны для понимания роли трубопроводной арматуры в осуществлении технического прогресса. В данном случае арматура играет не только вспомогательную роль в обеспечении выполнения грандиозных проектов, но является лидером в важнейшем для всех видов деятельности общества – стандартизации.



сновы создания централизованных систем водоснабжения были заложены в период греко-римской цивилизации. В Древнем Риме первый водопровод длиной 16,5 км появился в 312 г. до н.э. Водопровод значительно облегчил водоснабжение жителей столицы, которые ранее пользовались речной, ключевой и дождевой водой, принося ее в свои дома в специальных сосудах и храня в больших емкостях. Для преодоления низин, русел рек, ущелий строились каменные мосты, по верху которых через желоба, кирпичные и металлические трубы текла вода.

Римляне построили водоводы атмосферного давления и гидростатические, работающие под давлением от перепада высот. Акведуки с атмосферным давлением проводили воду по аркам вокруг холмов, туннелям, проложенным через горы, вода протекала по мостам и канавам, виадукам и земляным платформам, чтобы поддерживать регулярный перепад уровня, даже если расстояния были очень длинными. Всего в Римской империи функционировало 186 магистральных водопроводов, в том числе 49 в Италии, 34 в Африке и 27 – в странах Азии, включая 11 в Турции. Каждый водопровод имел свое название. Гидростатическое давление позволяло, используя трубопроводы, преодолевать уклоны и доставлять воду в систему распределения в городах.

Поступавшая в Рим вода распределялась между 3 основными потребителями: императорским дворцом, общественными учреждениями и большими фонтанами. На каждого человека ежедневно расходовалось от 600 до 900 л воды, это при том, что все столичные водопроводы поставляли по 1,5 млн м<sup>3</sup> воды в день. По поручению императора Октавиана Августа строительством водопроводов и их обслуживанием занимался Марк Агриппа, ближайший друг и соратник правителя. Агриппа активно участвовал в строительстве различных сооружений в столице, в ремонте древних водопроводов Анио Ветус, Аква Апия, Аква Тепула, Аква Акция. Кроме того, Агриппа провел 2 новых водовода Аква Вирго и Аква Юлия. Для обслуживания



Рис. 1 Часть сифона (дюкера) акведука в Лионе из девяти труб с кранами

Поступавшая в Рим вода распределялась между 3 основными потребителями: императорским дворцом, общественными учреждениями и большими фонтанами. На каждого человека ежедневно расходовалось от 600 до 900 л воды, это при том, что все столичные водопроводы поставляли по 1,5 млн м<sup>3</sup> воды в день.

По поручению императора Октавиана Августа строительством водопроводов и их обслуживанием занимался Марк Агриппа, ближайший друг и соратник правителя. Агриппа активно участвовал в строительстве различных сооружений в столице, в ремонте древних водопроводов Анио Ветус, Аква Апия, Аква Тепула, Аква Акция. Кроме того, Агриппа провел 2 новых водовода Аква Вирго и Аква Юлия. Для обслуживания

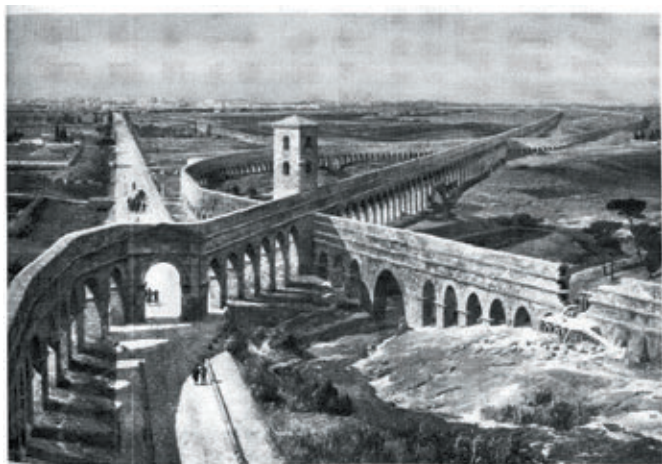


Рис. 2 Акведуки Рима

водопроводов Агриппой была создана так называемая водяная команда, состоящая из 700 владеющих разными специальностями рабов. Управляли этой командой архитекторы-гидравлики. У них в подчинении находились обходчики, каменщики, специалисты по работе со свинцом, мостовщики и др. Рабочие-мостовщики занимались тем, что разбирали и вновь укладывали мостовые на подходах к жилым домам. Дело в том, что под городскими мостовыми тянулась сеть свинцовых труб. Римляне, имевшие право пользования водопроводом, не могли передать его ни своим наследникам, ни новым жильцам при продаже дома. Поэтому трубы то подводили к дому, то убирали, при этом каждый раз приходилось разбирать мостовую, чтобы провести необходимые работы.

Различные трубы производились в «плюмбариях», имеющих гидравлическое оборудование. Производство труб для магистральных водопроводов и городских сетей, наличие научных центров свидетельствует о высоком уровне знаний гидравлики, организации производства, и техники. Для обеспечения нужд водопроводов работало много мастерских с поставкой, транспортировкой и сборкой тысяч метров свинцовых труб и огромного количества бронзовой трубопроводной арматуры. С целью унификации и облегчения ремонта систем водоснаб-

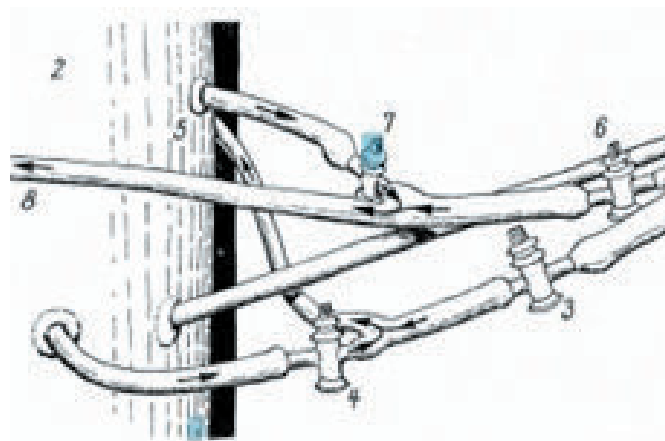


Рис. 3 Распределительный узел городского водопровода

жения Агриппой был разработан в 11 году до н.э. ряд диаметров труб и арматуры (всего 10 наименований). Унифицированные размеры арматуры и труб были описаны ранее – в 21 году до н.э. известным историком и архитектором Витрувием в одной из 10 «Книг об архитектуре». Размеры, установленные Агриппой и Витрувием отличались между собой.

В исторических документах имеются упоминания о сверлильщиках. Но это – не название рабочей специальности. Так называли воров воды, которые по просьбе горожан, не имевших права пользования водопроводом, пробивали трубы, помогая жильцам в краже драгоценной влаги. Оплата потребляемой воды составляла значительную часть доходов государственного и городских бюджетов. Император Нерон начал решительную борьбу с воровством и решил навести порядок в водоснабжении и распределении воды, поскольку количество украденной воды достигало половины всего поступающего в города объема, что влекло за собой существенные потери бюджета. Для выполнения этой важной государственной задачи он назначил главным управляющим по возведению водопроводов и охране воды («Curator aquarum») – высокопоставленного и технически грамотного специалиста Сектуса Юлиуса Фронтинуса, получившего известность в качестве землемера, гидротехника и



Рис. 4 Изображение процессаковки в небольшой мастерской



Рис. 5 Сектус Юлиус Фронтинус



военного писателя. Время его жизни относятся к 40—103 гг. н.э. Римский патриций по происхождению, он занимал самые разнообразные должности на государственной службе.

Фронтинус до своего назначения ничего не знал о акведуках, и по этой причине делал заметки об их устройстве, ремонту и обслуживанию. Он побывал на источниках акведуков и обследовал их по всей длине. Записи Фронтинуса в дальнейшем были изданы книгой по водопроводному делу. Этот труд был начат при Нероне и закончен при Траяне около 98 г. В нём Фронтинус описывает фундаментальные принципы строительства и организации акведуков, историю их создания, приводит нормативные документы, технические подробности относительно качества воды и ее транспортировки. Он создает перечень или своеобразный каталог имеющихся и отличающихся по размерам римских трубопроводов и арматуры, а также размеры свинцовых листов – заготовок для стандартных труб. В сочинении заслуживает особенного внимания частное определение автором окружности трубы по ее диаметру и важное для гидравлики замечание о зависимости количества воды, вытекающей из сосуда, как от величины отверстия, так и от высоты уровня воды в этом сосуде. Значением  $\pi$ , послужившим Фронтинусу для определения окружности, оказалось число  $31/7$ . Он устранил мошенничество и кражу 400 миллионов литров воды в день.

Обладая государственным умом, Фронтинус понимал, что для сокращения издержек, повышения производительности труда, ускорения строительства новых магистральных водопроводов и городских сетей, а также ремонта необходима унификация элементов. Решить эти проблемы без признаваемых стандартов невозможно. Он разработал первые в мировой практике стандарты на арматуру и трубы. Для обеспечения прочности изделий созданный Фронтинусом стандарт «Формулае» устанавливает обязательный для получения государственного заказа химический состав сплава для изготовления арматуры из бронзы. Анализ бронзы кранов, установленных на водопроводе Неми, показывает содержание в процентах 73,35 – медь, 18,59 – свинец; в кранах водопровода Минори, содержание меди составляет 73,70%, свинца – 18,53%. Содержание элементов металла для литья кранов мало отличается от современных стандартов. (спецификация ASTM регламентирует содержание в бронзе меди 75%, свинца – 15%). Большое содержание свин-

ца, делает материал антифрикционным, способным обеспечить герметичность соединений без прокладок, обеспечивает хорошие антикоррозионные свойства, делает материал более пластичным, легко поддающимся ковке.

Необходимо было также определить обязательные для всех изготовителей диаметры арматуры и труб, устранив различия между рекомендованными Витрувием и Агриппой. Фронтинус разрабатывает стандарт «Модули», регламентирующий диаметры кранов, труб и фитингов. За основу типоразмерного ряда была принята самая малая из применявшихся площадь поперечного сечения, носившая название *quinaria* по аналогии с перечнями Витрувия и Агриппы. По современным системам исчисления диаметр арматуры с такой площадью составляет 2,31 см. Увеличивающиеся размеры проходных сечений были кратными величине *quinaria*. В таблице стандарта установлены названия размеров *senaria*, *septenaria*, *octonaria* и т.д. Самый большой размер назван *centenum vicenum* с диаметром прохода для арматуры и труб 228,3 мм. В своей книге «*De aquae ductu Urbis Romae*» Фронтинус пишет: «Я перечислил стандартные размеры всех 25 труб, хотя только 15 из них находятся в общем пользовании. ... Все трубы, которые будут использоваться в будущем, должны соответствовать этим точным спецификациям. Если аномальные размеры остаются на месте, их фактическая емкость должна считаться в *quinariae*». Римские стандарты «Модули» и «Формулае» положены в основу для разработки современных спецификаций ASTM, ASME, ISO, EN, ANSI, API, DIN, BSI и др. Таким образом, он положил начало основам стандартизации еще 2000 лет назад, а субъектом первых в мире стандартов были трубопроводная арматура и трубы.

## Литература

1. О.Н. Шпаков Эволюция конструкций трубопроводной арматуры, Санкт-Петербург – Барнаул 2017
2. Jerome Fouque Из истории арматуростроения, Арматуростроение, № 5, 2017;
3. Wayne F. Lorenz Арматура Древнего Рима, Арматуростроение, № 3, 2013
4. Uber Abflussmessung und Standardisierung bei den Wasserversorgungsanlagen Roms (in FG 1 (1992) pag 129 – 144) – H. Fahlbusch
5. [www.romanaqueducts.info/technicalintro/lead1.htm](http://www.romanaqueducts.info/technicalintro/lead1.htm)