

doi: 10.5862/MCE.58.2

Вентильная головка к водоразборной арматуре с высокой регулирующей способностью

Valve head for water fittings with high regulatory capacity

Д-р техн. наук, заведующий кафедрой

А.П. Свинцов,

канд. техн. наук, доцент М.И. Харун,

канд. техн. наук, доцент С.А. Мукарзель,

*Российский университет дружбы народов,
Москва, Россия*

A.P. Svintsov,

M.I. Kharun,

S.A. Mukarzel,

*Peoples' Friendship University of Russia,
Moscow, Russia*

Ключевые слова: водоразборная арматура; туалетный кран; вентильная головка; запорная пара; расход воды; регулирующая способность; потери воды.

Key words: water fittings; water tap; valve head; locking pair; water flow; regulatory capacity; water loss.

Аннотация. Водоразборная арматура является необходимым элементом комплектования систем внутреннего водопровода зданий. Одна из ее важнейших технических характеристик - регулирующая способность. В настоящее время в системах внутреннего водопровода зданий наиболее широко используются вентильные головки с плоскими керамическими запорными элементами, которые характеризуются высокой износостойкостью и работают без утечек воды. Регулирующая способность этих элементов зависит от формы проходного отверстия. Наибольшее распространение получили отверстия в виде секторов или полукруга, однако оснащенные ими вентильные головки имеют низкую регулирующую способность: при незначительном повороте рукояти расход воды резко изменяется. Потребитель вынужден затрачивать много времени на регулирование расхода с желаемой температурой, не используя воду в этот период по назначению. В результате чистая водопроводная вода удаляется в систему канализации без полезного использования, то есть происходит непроизводительный расход. Для повышения регулирующей способности водоразборной арматуры целесообразно применять плоскую запорную пару с проходным отверстием, имеющим плавно изменяющуюся форму сечения. Такая форма позволяет регулировать расход воды пропорционально повороту рукояти вентильной головки. Авторами предложена методика расчета площади проходного отверстия с плавно изменяющейся формой сечения, основанная на кусочно-элементном методе. Данная методика позволяет определять площадь проходного отверстия при проектировании арматуры различного назначения, а также геометрические параметры этой конструкции. Применение водоразборной арматуры с запорной парой, рассчитанной по предложенной методике, позволяет снизить потери водопроводной воды питьевого качества на 12...15 % по сравнению с вентильными головками других типов.

Abstract. Water fittings are a necessary element of equipment for building plumbing systems. One of the main technical characteristics of water fittings is their regulatory capacity. Currently, valve heads with flat ceramic locking elements are widely used in plumbing systems. Ceramic locking elements work with a high abrasion resistant and without water leaks. Regulatory capacity of flat locking elements depends on orifice shape. Valve heads that are equipped with flat-locking elements with semicircle or sector-shaped orifices have a low regulatory capacity. When the tap is opened or closed, the water flow changes abruptly with a slight turn of the handle. The water consumer is forced to spend more time in controlling the water flow with a desired temperature without using the water. As a result, clean tap water flows into the sewage system without actually being used, which is unproductive expenditure. The application of a flat locking pair with a smoothly changing shape is advisable to improve the regulatory capacity of water fittings. This form of orifice allows to change the water flow in proportion to the rotation of valve head handle. The proposed method of calculation allows to determine the orifice area to design the valve and its geometric parameters. The use of water fittings with a locking pair that is calculated by the proposed method can reduce the water loss by 12...15 % compared to other types of valve heads.

Свинцов А.П., Харун М.И., Мукарзель С.А. Вентильная головка к водоразборной арматуре с высокой регулирующей способностью

Введение

Санитарно-техническая водоразборная арматура относится к материалам и изделиям, применяемым в системах жизнеобеспечения различных объектов строительства, в частности, внутренних водопроводов зданий и сооружений. При этом конструктивные и водосберегающие характеристики водоразборной арматуры имеют ключевое значение для рационального и бережного использования водных ресурсов в целом и водопроводной воды питьевого качества в частности.

В настоящее время водоразборная арматура вентильного типа оснащена, в основном, плоскими керамическими запорными элементами шайбового типа. Вентильные головки с запорными элементами поршневого типа можно считать уходящими из области практического использования.

Вентильные головки, оснащенные плоскими керамическими запорными парами, характеризуются высокой износостойкостью и работают практически без утечек воды. В то же время при использовании такой водоразборной арматуры с парами, имеющими проходное отверстие в виде полукруга или взаимно противоположных секторов, потребители затрачивают относительно много времени на регулирование расхода воды и температуры. Это приводит к потерям воды в виде непроизводительных расходов.

Для снижения таких потерь целесообразно применение вентильных головок с плоскими керамическими запорными парами, имеющими проходное отверстие с плавно изменяющейся формой, подобной изогнутой капле. Эта форма позволяет регулировать расход воды пропорционально повороту рукоятки вентильной головки.

Одной из важнейших задач проектирования водоразборной арматуры является расчет площади проходного отверстия в запорной паре для пропуска расчетного расхода воды при расчетном давлении. Для ее решения разработана методика, базирующаяся на кусочно-элементном методе определения площади геометрической фигуры.

Предложенный метод относительно прост в использовании и позволяет определять площадь проходного отверстия для пропуска заранее известного (расчетного) расхода воды, а также геометрические параметры конструируемой водоразборной арматуры. Стендовые испытания водоразборной арматуры с запроектированной в соответствии с представленной методикой запорной парой показали высокую регулируемую способность вентильной головки такой конструкции.

Анализ состояния вопроса

Санитарно-техническая водоразборная арматура является одним из конструктивных материалов систем внутреннего водопровода зданий различного назначения. Одна из важнейших характеристик водоразборной арматуры – это ее регулирующая способность. Конструктивные и гидравлические особенности водоразборной арматуры зависят от требований, предъявляемых к ней при эксплуатации в тех или иных условиях.

Результаты разработки и исследования санитарно-технической арматуры представлены как в российской, так и в зарубежной научной периодической печати. При этом авторы публикаций акцентируют внимание на различных направлениях использования водоразборной арматуры и водопроводной воды.

Известно, что посредством воды передаются многие заболевания. При этом важно отметить, что контакты людей с элементами управления водоразборной арматурой способствуют распространению подобных инфекций. В связи с этим на предприятиях пищевой промышленности, общественного питания и в лечебных учреждениях все большее распространение получает водоразборная арматура автоматического действия [1]. Это способствует улучшению гигиенических условий использования водопроводной воды в местах повышенного риска. В то же время конструктивная особенность водопроводной арматуры указанного типа сдерживает ее использование в системах водоснабжения жилых зданий в связи с незначительным риском передачи инфекционных заболеваний в относительно узком кругу пользователей. В упомянутой публикации вопросы водосбережения и регулирующей способности арматуры автоматического действия не рассматривались.

Водоразборную арматуру изготавливают из различных материалов, устойчивых к воздействию воды. В процессе контактов с водой поверхность арматуры выделяет в нее соответствующие примеси. В работе [2] показано, что применение водоразборных и запорных

вентилей с бронзовым запорным элементом вызывает повышение содержания в воде меди и свинца. Гидравлические и водосберегающие характеристики водоразборной арматуры в данной работе рассмотрены не были.

Одним из важнейших направлений эксплуатации водоразборной арматуры является повышение экономической эффективности и рационального использования водопроводной воды в жилых зданиях. Для этого предложено устанавливать в душевых системах ограничители расхода воды [3]. Показано, что рекомендованные устройства эффективны там, где душевые установки используются в течение длительного времени непрерывно.

Водоразборная санитарно-техническая арматура с водосберегающими характеристиками оказывает положительное влияние на решение одной из важнейших проблем водоснабжения – снижение потерь воды. Вызванные различными причинами, эти потери сдерживают решение задач по эффективному использованию водных ресурсов и могут способствовать загрязнению окружающей среды. Это особенно актуально в условиях дефицита пресной воды, а также в связи с ростом стоимости производства питьевой воды из-за повышенной загрязненности источников водоснабжения [4, 5].

Проблема водосбережения и снижения потерь воды характерна для многих стран мира, а различные ее аспекты исследуются Международной водной ассоциацией (IWA) с целью улучшения условий водоснабжения населения [6, 7, 8]. На основе анализа методов снижения потерь воды, предложенного IWA, установлено, что применение современной арматуры позволяет снизить потери воды до экономически приемлемого уровня [9]. В рамках выполненного анализа водоразборная арматура вентильного типа и ее регулирующая способность не рассматривались.

Известно значительное влияние водосберегающей арматуры с улучшенными регулируемыми и расходными характеристиками на удельные показатели водопотребления в жилых зданиях [10]. При этом конструктивные особенности и регулирующая способность водоразборной арматуры вентильного типа с плоскими керамическими запорными элементами не рассмотрены.

Исследованиями выявлено, что наличие в потоке жидкости твердых включений различной крупности приводит к быстрому износу уплотнительных поверхностей затвора и к снижению ресурса по цикличности [11]. В сопоставительном анализе акцентировано внимание на положительных особенностях двухсегментного клапана и эксцентрикового крана, работающих на любых проходных сечениях для рабочих сред с любой загрязненностью.

В системах внутреннего водопровода не исключены случаи транспортирования водой твердых включений. Это можно наблюдать после отключения воды по различным причинам: остановка насосов, профилактический ремонт и т.п. При анализе работы различных конструктивных решений арматуры характеристики водосбережения и регулирования не рассматривались.

Применение водоразборной санитарно-технической арматуры с водосберегающими гидравлическими характеристиками способствует улучшению условий использования водных ресурсов. Это, в свою очередь, служит основой решения важной научно-технической проблемы – расширения доступа населения к инфраструктурным системам жизнеобеспечения [12, 13].

В настоящее время санитарно-техническая водоразборная арматура вентильного типа в основном оснащена плоским керамическим запорным элементом шайбового типа, технические решения которого представлены, например, в [14, 15]. Благодаря высокой износостойкости керамических поверхностей элементов запорной пары эта водоразборная арматура работает практически без утечек воды. Водоразборная арматура вентильного типа с плоскими керамическими запорными элементами характеризуется более высокой надежностью по сравнению с вентильными головками поршневого типа [16]. При анализе показателей безотказности арматуры ее водосберегающие характеристики и регулирующая способность не были рассмотрены.

В работе [17] отмечены основные узлы арматуры, подверженные наиболее интенсивному износу, и предложен метод оценки показателей надежности и выявления динамики развития износа запорных элементов для разработки эффективной тактики восстановительных мероприятий. Однако в представленной публикации вопросы регулирующей способности арматуры не рассматривались.

Одной из важнейших функций водоразборной арматуры является регулирование расхода воды пользователем в процессе водопотребления. Для вентильных головок, оснащенных плоскими запорными элементами, характерна низкая регулирующая способность: при незначительном повороте рукояти управления расход воды резко изменяется в сторону увеличения или уменьшения. Для того чтобы установить нужный расход воды с желаемой температурой, потребитель затрачивает больше времени, чем если бы изменения происходили пропорционально повороту рукояти вентильной головки. Низкая регулирующая способность водоразборной арматуры обуславливает непроизводительные расходы воды: в процессе регулирования вода потребителем не используется. При этом данное количество воды прошло через прибор учета водопотребления и подлежит оплате, что не способствует рациональному использованию бюджета домохозяйства.

Существуют вентильные головки с плоскими запорными парами, гидравлические характеристики которых свободны от указанных недостатков [18, 19]. Особенностью данных технических решений является плоская запорная пара с плавным изменением сечения проходного отверстия в виде изогнутой капли.

Одним из важнейших этапов проектирования водоразборной арматуры является определение площади проходного отверстия. Вопросы расчета и проектирования гидравлических устройств различного назначения представлены в работах по инженерной гидравлике, где основное внимание уделено определению коэффициентов местных сопротивлений и их зависимости от формы проходного отверстия и гидравлического тракта. В указанных источниках информации рассмотрены площади проходного отверстия классического типа: круг, полукруг, сектор. Проходные отверстия с плавно изменяющейся формой в представленных работах не рассмотрены.

В работах [20, 21] представлен метод проектирования плоского клапана вентильной головки, а также выполнен краткий сравнительный анализ гидравлической работы проходных отверстий: круг, секторы, плавно изменяющаяся форма. Однако методика определения площади проходного отверстия с плавно изменяющейся формой представлена недостаточно полно. Это сдерживает возможности проектирования водоразборной арматуры вентильного типа с плоскими запорными элементами.

Методы исследования и аппаратура

Для определения площади проходного отверстия с плавно изменяющейся формой использован кусочно-элементный метод расчета. На основе разработанной методики выполнен расчет площади проходного отверстия для запорной пары шайбового типа на пропуск минимального расхода воды 0,07 л/с при давлении перед арматурой 0,05 МПа. Величина расчетного расхода воды определена по формуле гидравлики:

$$q = \mu \omega \sqrt{2gH} , \quad (1)$$

где μ – коэффициент расхода; ω – площадь живого сечения проходного отверстия запорной пары; g – ускорение свободного падения; H – давление перед арматурой.

Экспериментальная проверка работы вентильной головки, оснащенной плоской запорной парой шайбового типа, выполнена на лабораторном стенде с возможностью создания и регулирования перед водоразборной арматурой статического давления от 0 до 1,0 МПа. К исследованию принят туалетный кран вентильного типа. Вентильная головка снабжена плоским запорным элементом с проходным отверстием в виде секторов, полукруга и с плавно изменяющейся формой сечения.

Для определения расхода воды использованы ротаметры диаметром 15 и 40 мм с погрешностью не более $\pm 2,5\%$ для верхних значений. Расходы воды ниже предела чувствительности ротаметров определены с использованием мерной емкости объемом 1 л. При этом для определения продолжительности заполнения емкости использован хронометр с точностью измерения 0,1 с.

Измерения расхода воды выполнены при давлениях 0,05; 0,1; 0,3; 0,6 МПа при постепенном открывании туалетного крана и осуществлялись поворотом рукояти вентильной головки на угол от 0° до 180° с шагом 10° . Для определения угла поворота использована круговая шкала с ценой деления 1° . Количество измерений на каждом шаге давления перед арматурой принято в соответствии с планом эксперимента для получения статистически значимых результатов

с надежностью 0,95. Математическая обработка экспериментальных данных выполнена с использованием методов математической статистики.

Использование кусочно-элементного метода позволило авторам разработать способ определения расчетной площади проходного отверстия с плавно изменяющейся формой сечения для плоских запорных пар шайбового типа.

Использование указанных приборов, элементов и методов исследования позволило получить статистически значимые и достоверные данные об изменении расхода воды через туалетный кран, оснащенный плоской запорной парой с проходным отверстием новой формы.

Результаты и их обсуждение

Водоразборная арматура систем внутреннего водопровода в основном оснащена вентиляльными головками с плоскими запорными парами шайбового типа, выполненными из керамики или металлокерамики. Указанные запорные пары выполнены с проходным отверстием в виде секторов (рис. 1б) или полукруга (рис. 1в). При относительно высокой износостойкости и работе практически без самопроизвольного истечения воды вентиляльные головки с запорной парой указанного типа имеют низкую регулируемую способность. Как уже говорилось, это приводит к непроизводительным расходам воды и дополнительным затратам на их оплату.

Более эффективным в отношении бережного использования воды является отверстие с плавно изменяющейся формой (рис. 1г).

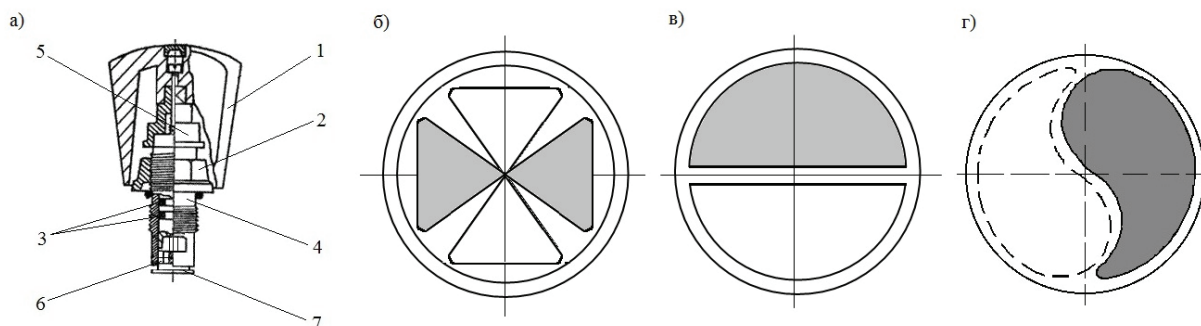


Рисунок 1. Вентильная головка с запорной парой шайбового типа:
а) вентиляльная головка; б) запорная пара с проходными отверстиями в виде секторов;
в) запорная пара с проходным отверстием в виде полукруга;
г) запорная пара с проходным отверстием в виде изогнутой капли

При проектировании вентиляльных головок шайбового типа с плавно изменяющимся сечением проходного отверстия в форме изогнутой капли одной из наиболее ответственных задач является определение его площади.

Схема проходного отверстия представлена на рисунке 2.

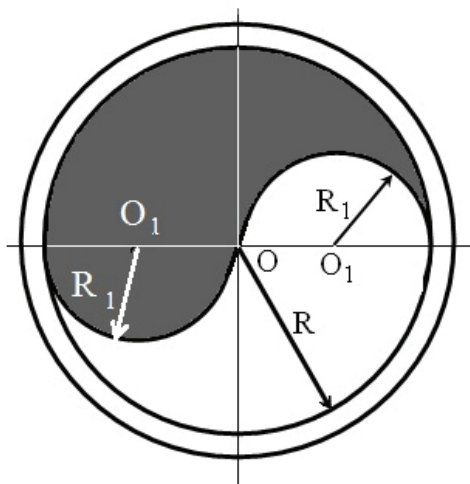


Рисунок 2. Схема проходного отверстия с плавно изменяющейся формой «изогнутая капля»

Свинцов А.П., Харун М.И., Мукарзель С.А. Вентильная головка к водоразборной арматуре с высокой регулирующей способностью

В схеме проходного отверстия радиусы имеют следующие соотношения: $OO_1 = R_1$; $2R_1 \leq R$.

Для удобства формирования математической идеи целесообразно представить форму проходного отверстия (рис. 2) в виде расчетной схемы (рис. 3).

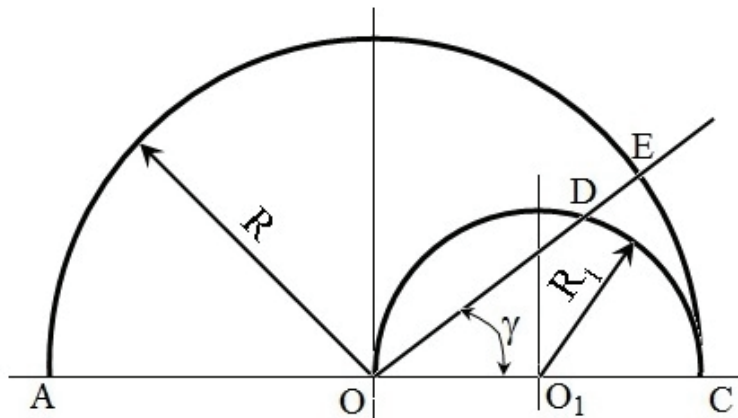


Рисунок 3. Расчетная схема формы проходного отверстия запорной пары с плавно изменяющейся формой сечения

Внешняя дуга CA с радиусом R проходного отверстия относительно центра O описывается следующим уравнением в параметрической форме:

$$\begin{aligned} X(\alpha) &= R \cos(\alpha) \\ Y(\alpha) &= R \sin(\alpha) \end{aligned} \quad (2)$$

где α изменяется от γ до π (γ – угол между центральной осью шайбы и лучом, выходящим из центра O).

Прямая линия AO описывается уравнением в параметрической форме:

$$y(x) = 0 \quad (3)$$

где x изменяется от $-R$ до 0 .

Вогнутая дуга OC с радиусом R_1 из центра O_1 описывается уравнением в параметрической форме:

$$\begin{aligned} X_1(\alpha_1) &= R_1 [\cos(\alpha_1) + 1] \\ Y_1(\alpha_1) &= R_1 \sin(\alpha_1) \end{aligned} \quad (4)$$

где α_1 – угол, изменяющийся от 0 до π .

Максимальная площадь сечения проходного отверстия запорной пары (рис. 4) определяется по формуле:

$$\omega_{zn}^{\max} = S - S_1 \quad (5)$$

где S – площадь фигуры ACO ,

$$S = \frac{\pi R^2}{2} \quad (6)$$

где R – радиус наружной дуги проходного отверстия, $R = 0,8R_D$, R_D – радиус шайбы; S_1 – площадь фигуры ODB образована радиусом R_1 (рис. 4),

$$S_1 = \frac{\pi R_1^2}{2} \quad (7)$$

где R_1 – радиус внутренней дуги проходного отверстия.

Площадь сечения проходного отверстия запорной пары (рис. 4) определяется по формуле:

$$\omega_{zn} = S^{OEC} - S^{ODB} - S_1, \quad (8)$$

где S^{OEC} – площадь сектора OEC, образована радиусом R (рис. 4):

$$S^{OEC} = \int_0^{R \cos \gamma} X \tan \gamma dX + \int_{R \cos \gamma}^R \sqrt{R^2 - X^2} dX, \quad (9)$$

где γ – угол поворота рукояти вентильной головки, изменяющийся от 0 до π ;

S^{ODB} – площадь фигуры ODB (рис. 4), которая изменяется от 0 до $\pi/2$:

$$S^{ODB} = \int_0^{R_1 2 \cos^2 \gamma} X \tan \gamma dX + \int_{2 R_1 \cos^2 \gamma}^{2 R_1} \sqrt{R_1^2 - (X - R_1)^2} dX; \quad (10)$$

S_1 – площадь фигуры ODB, образованной радиусом R_1 , которая изменяется от $\pi/2$ до π (рис. 4),

$$S_1 = \int_0^{R_1 2 \cos^2 \pi/2} X \tan \gamma dX + \int_{2 R_1 \cos^2 \pi/2}^{2 R_1} \sqrt{R_1^2 - (X - R_1)^2} dX = \frac{R_1^2 \pi}{2}. \quad (11)$$

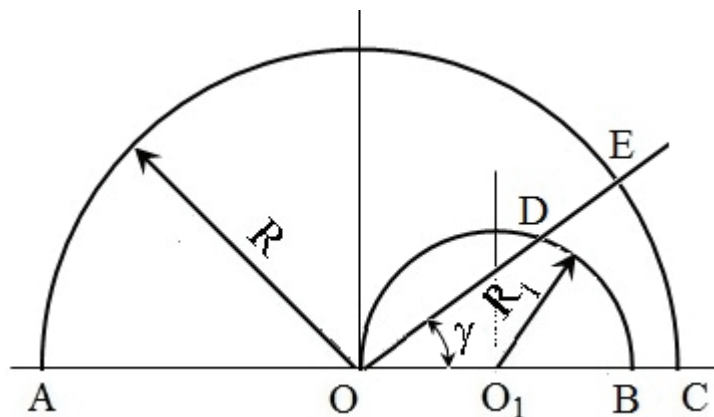


Рисунок 4. Форма проходного отверстия

Подставляя (9), (10), (11) в уравнение (8), получаем:

$$\omega_{zn} = \int_0^{R \cos \gamma} X \tan \gamma dX + \int_{R \cos \gamma}^R \sqrt{R^2 - X^2} dX - \left[\int_0^{R_1 2 \cos^2 \gamma} X \tan \gamma dX + \int_{2 R_1 \cos^2 \gamma}^{2 R_1} \sqrt{R_1^2 - (X - R_1)^2} dX \right] \left(\gamma \leq \frac{\pi}{2} \right) - \left(\frac{R_1^2 \cdot \pi}{2} \right) \left(\gamma > \frac{\pi}{2} \right). \quad (12)$$

Уравнение (12) позволяет определить параметры проходных отверстий запорных пар шайбового типа для вентилей и вентильных головок водоразборной арматуры любого назначения. При этом возможно два варианта решения задачи:

- на основе имеющихся геометрических параметров определять площадь проходного отверстия;
- задаваясь требуемой площадью, определять геометрические параметры проходного отверстия.

По представленной методике авторами выполнен расчет площади проходного отверстия и его геометрических параметров. В соответствии с расчетом изготовлены и испытаны опытные Свинцов А.П., Харун М.И., Мукарзель С.А. Вентильная головка к водоразборной арматуре с высокой регулирующей способностью

образцы. При проектировании запорной пары с плавно изменяющимся сечением проходного отверстия основное внимание уделено обеспечению минимального расхода воды при полностью открытом кране и давлении 0,05 МПа. Изменение расходных характеристик рассчитанной по разработанной методике запорной пары представлено на рисунке 5.

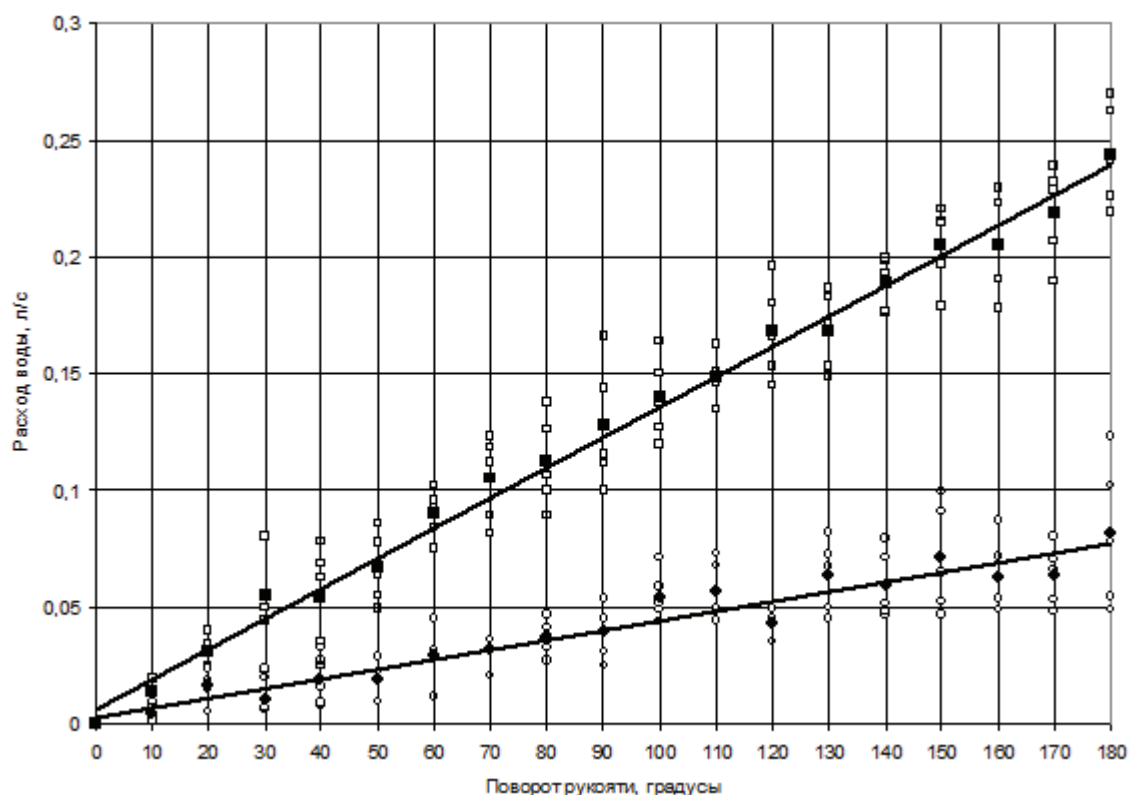


Рисунок 5. Изменение расхода воды через отверстие с плавно изменяющейся формой сечения

Экспериментально установлено, что при полностью открытом кране и давлении 0,05 МПа расход воды не ниже расчетного минимального значения. При всех давлениях, при которых выполнены стендовые испытания, расход воды изменяется практически линейно по мере открытия крана. Это свидетельствует о высокой регулирующей способности вентильной головки, снабженной плоской запорной парой с плавно изменяющимся сечением проходного отверстия. Линейное изменение расхода воды позволяет затрачивать незначительное время на регулировку требуемого расхода воды с желаемой температурой при минимальных непроизводительных расходах, неизбежных при водопотреблении.

Для сравнения авторами выполнено стендовое испытание вентильных головок с плоскими запорными парами шайбового типа в виде секторов и в виде полукруга. На рисунках 6 и 7 представлены диаграммы изменения расхода воды по мере открывания туалетного крана для таких проходных отверстий.

Анализ диаграмм показывает, что расходы воды отличаются по абсолютному значению, но по характеру изменения они очень близки. В диапазоне поворота рукоятки до 20...30° расход очень мал и не может удовлетворить потребности водопользователя, который продолжает открывать кран в ожидании увеличения напора. При повороте рукоятки на угол до 50° и больше расход резко увеличивается приблизительно на 200...300 %. Поворот рукоятки на 100° и более не приводит к значительному изменению расхода воды, особенно при низком (0,05 МПа) давлении. Даже незначительный поворот рукоятки в диапазоне 50...100° при свободном повороте кисти руки резко изменяется. Резкое изменение расхода воды является следствием низкой регулирующей способности водоразборной арматуры.

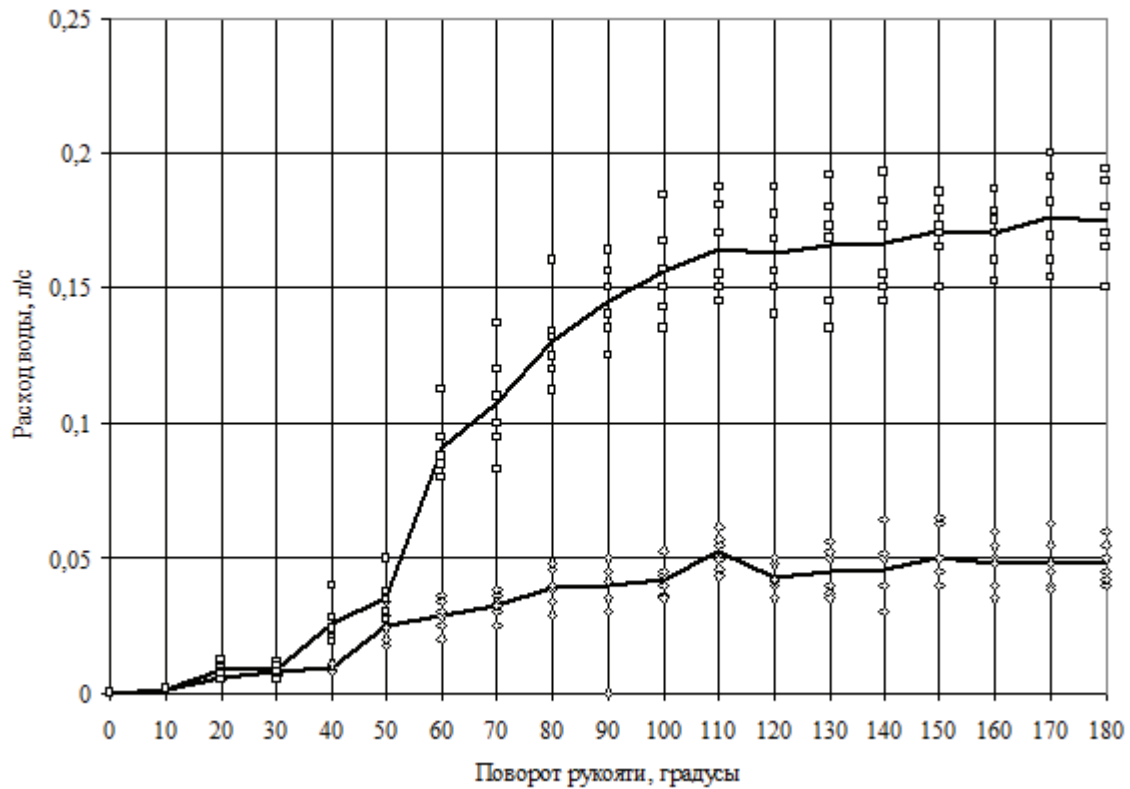


Рисунок 6. Изменение расхода воды через проходное отверстие в виде сектора

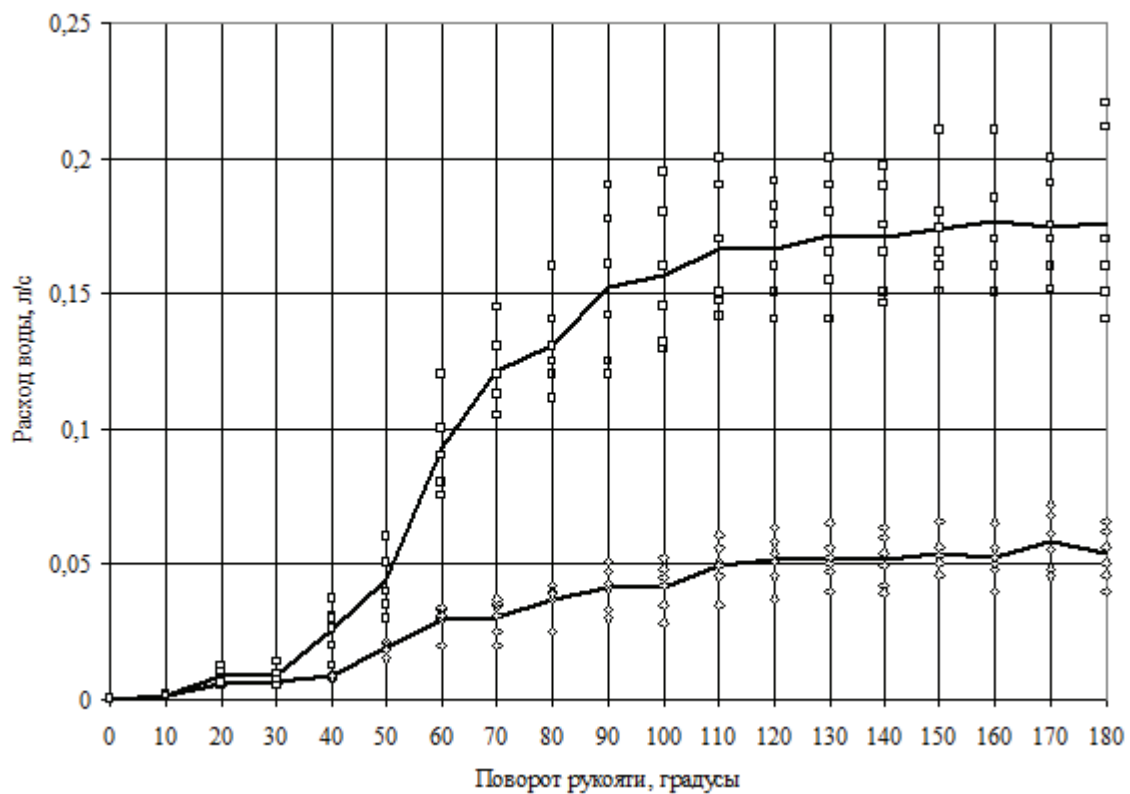


Рисунок 7. Изменение расхода воды через проходное отверстие в виде полукруга

Свинцов А.П., Харун М.И., Мукарзель С.А. Вентильная головка к водоразборной арматуре с высокой регулирующей способностью

Сравнительный анализ диаграмм показывает, что вентиляльная головка, оснащенная запорной парой с плавно изменяющейся формой проходного отверстия, позволяет регулировать расход воды, изменяя его величину пропорционально открытию крана.

Заклучение

Водоразборная арматура вентиляного типа как элемент системы внутреннего водопровода, оснащенная плоской запорной парой с проходным отверстием в виде изогнутой капли, является перспективным санитарно-техническим материалом с водосберегающими характеристиками. Оснащение водоразборной арматуры для систем внутреннего водопровода вентилянными головками с плоскими запорными элементами, имеющими проходное отверстие с плавно изменяющейся формой, позволяет существенно снизить потери водопроводной воды.

В результате теоретических и экспериментальных исследований предложена методика определения площади проходного отверстия с плавно изменяющейся формой сечения в виде изогнутой капли для плоской запорной пары водоразборной арматуры вентиляного типа. Предложенная методика позволяет определять площадь проходного отверстия для пропуска расчетного расхода воды при расчетном давлении. Методика позволяет также определять расход воды при известном давлении в зависимости от степени открытия проходного отверстия.

Стендовые испытания водоразборной арматуры с запорной парой, рассчитанной по предложенной методике, показали высокую регулируемую способность и линейное изменение расхода воды в зависимости от открытия крана.

Проверка в условиях эксплуатации показала высокую водосберегающую эффективность водоразборной арматуры с проходным отверстием, рассчитанным по предложенной методике. Для семьи из трех человек экономия воды составляет 12...15 % в месяц по сравнению с арматурой, в которой установлены запорные пары в виде секторов или полукруга.

Литература

1. Halabi M., Wiesholzer-Pittl M., Schöberl J., Mittermayer H. Non-touch fittings in hospitals: a possible source of *Pseudomonas aeruginosa* and *Legionella* spp // *Journal of Hospital Infection*. 2001. Vol. 49. Issue 2. Pp. 117–121.
2. Triantafyllidou S., Raetz M., Parks J., Edwards M. Understanding how brass ball valves passing certification testing can cause elevated lead in water when installed // *Water Research*. 2012. Vol. 46. Issue 10. Pp. 3240–3250.
3. Kordana S., Słyś D., Dziopak J.. Rationalization of water and energy consumption in shower systems of single-family dwelling houses // *Journal of Cleaner Production*. 2014. Vol. 82. Pp. 58–69.
4. Barbooti M.M., Bolzoni G., Mirza I.A., Pelosi M, Barilli L., Kadhum R., Peterlongo G. Evaluation of quality of drinking water from Baghdad, Iraq // *Science World Journal*. 2010. Vol. 5. № 2. Pp. 35–46.
5. Hirji R. *Environmental flows in water resources policies, plans, and projects: findings and recommendations*. Washington: World bank, cop. 2009. 189 p.
6. Bailey D. The emerging co-existence of regulation and competition in the UK water industry // *World Competition*. 2002. Vol. 25. № 2. Pp. 127–158.
7. Mckay J., Moeller A. Duty and standards of care for drinking water regulation in Australia // *Environment, Development and Sustainability*. 2001. Vol. 3. № 2. Pp. 127–143.
8. Thanassoulis E. The use of data envelopment analysis in the regulation of UK water utilities: water distribution // *European Journal of Operational Research*. 2000. Vol. 126. № 2. Pp. 436–453.
9. Зайцева С.Г. Внедрение современной трубопроводной арматуры как метод снижения потерь воды и повышения энергоэффективности // *Водоснабжение и санитарная техника*. 2012. № 3. С. 61–65.
10. Макотрина Л.В., Лазарева С.О. Водосбережение – одни из направлений выполнения закона об

References

1. Halabi M., Wiesholzer-Pittl M., Schöberl J., Mittermayer H. Non-touch fittings in hospitals: a possible source of *Pseudomonas aeruginosa* and *Legionella* spp. *Journal of Hospital Infection*. 2001. Vol. 49. Issue 2. Pp. 117–121.
2. Triantafyllidou S., Raetz M., Parks J., Edwards M. Understanding how brass ball valves passing certification testing can cause elevated lead in water when installed. *Water Research*. 2012. Vol. 46. Issue 10. Pp. 3240–3250.
3. Kordana S., Słyś D., Dziopak J. Rationalization of water and energy consumption in shower systems of single-family dwelling houses. *Journal of Cleaner Production*. 2014. Vol. 82. Pp. 58–69.
4. Barbooti M.M., Bolzoni G., Mirza I.A., Pelosi M, Barilli L., Kadhum R., Peterlongo G. Evaluation of quality of drinking water from Baghdad, Iraq. *Science World Journal*. 2010. Vol. 5. No. 2. Pp. 35–46.
5. Hirji R. *Environmental flows in water resources policies, plans, and projects: findings and recommendations*. Washington: World bank, cop. 2009. 189 p.
6. Bailey D. The emerging co-existence of regulation and competition in the UK water industry. *World Competition*. 2002. Vol. 25. No. 2. Pp. 127–158.
7. Mckay J., Moeller A. Duty and standards of care for drinking water regulation in Australia. *Environment, Development and Sustainability*. 2001. Vol. 3. No. 2. Pp. 127–143.
8. Thanassoulis E. The use of data envelopment analysis in the regulation of UK water utilities: water distribution. *European Journal of Operational Research*. 2000. Vol. 126. No. 2. Pp. 436–453.
9. Zaytseva S.G. Vnedreniye sovremennoy truboprovodnoy armatury kak metod snizheniya poter vody i povysheniya energoeffektivnosti [Contemporary pipe fitting introduction as method of water loss drop and boost energy efficiency]. *Water Supply and Sanitary Technique*. No. 3. 2012.

- энергосбережении // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2011. № 8 (55). С. 105–110.
11. Евсиков В.Е. Сопоставительный анализ существующий конструкций арматуры с поворотными затворами, с новым двухсегментным клапаном и краном эксцентриковым // Оборудование и технологии для нефтегазового комплекса. 2008. № 6. С. 66–71.
 12. Thanassoulis E. DEA and its use in the regulation of water companies // *European Journal of Operational Research*. 2000. Vol. 127. № 1. Pp. 1–13.
 13. Hartman J. Saving water during a rainy day // *Civil Engineering*. 2002. Vol. 72. № 6. Pp. 30.
 14. Шатковский Б.А., Мальцев В.В. Вентильная головка. Патент РФ № 2234629. Бюл. № 23. 20.08.2004.
 15. Храменков С.В., Подковыров В.П., Чешля Р.Р., Чупраков Ю.И. Вентильная головка. Патент РФ № 2242659. Бюл. № 35. 20.12.2004.
 16. Свинцов А.П., Малов А.Н., Николенко Ю.В., Глебов Е.А., Гусаков С.В. Надежность санитарно-технической арматуры в эксплуатационных условиях // Водоснабжение и санитарная техника. 2009. №6. С. 58–63.
 17. Быков И.Ю., Колотовский А.Н., Ермоленко Н.М., Адаменко С.В. Оценка эксплуатационной надежности запорной арматуры статистическими методами // Газовая промышленность. 2006. № 6. С. 58–62.
 18. Свинцов А.П., Мукарзель С.А., Мукарзель К.А. Сменный клапанный узел. Патент РФ №2230963. Бюл. №15. 20.06.2004.
 19. Свинцов А.П., Мукарзель С.А., Глебов Е.А., Шубин А.М., Щесняк Л.Е. Вентильная головка. Патент РФ №2434170. Бюл. № 32. 20.11.2011.
 20. Свинцов А.П., Мукарзель С.А., Сученко В.Н., Глебов Е.А. Методика расчета площади проходного отверстия плоского клапана вентильной головки // Водоснабжение и санитарная техника. 2010. № 4. С. 40–42.
 21. Свинцов А.П., Мукарзель С.А., Щесняк Л.Е. Методика расчета вентильной головки для водоразборной арматуры // Водоснабжение и санитарная техника. 2013. № 4. С. 44–46.
 - Pp. 61–65. (rus)
 10. Makotrina L.V., Lazareva S.O. Vodoseberezheniye – odni iz napravleniy vypolneniya zakona ob energosberezhenii [Water economy – one of ways of enforcing of law of conservation of energy]. *Bulletin of Irkutsk State Technical University*. 2011. No. 8 (55). Pp. 105–110. (rus)
 11. Yevsikov V.Ye. Sopostavitelnyy analiz sushchestvuyushchiy konstruksiy armatury s povorotnymi zatvorami, s novym dvukhsegmentnym klapanom i kranom ekstsentrikovym [Comparative analysis of going fitting structure with wicket gates, new double-seat valve and off-centre valve]. *Oborudovaniye i tekhnologii dlya neftegazovogo kompleksa*. 2008. No. 6. Pp. 66–71. (rus)
 12. Thanassoulis E. DEA and its use in the regulation of water companies. *European Journal of Operational Research*. 2000. Vol. 127. No. 1. Pp. 1–13.
 13. Hartman J. Saving water during a rainy day. *Civil Engineering*. 2002. Vol. 72. No. 6. Pp. 30.
 14. Shatkovskiy B.A., Maltsev V.V. *Ventilnaya golovka. Patent RF № 2234629. Byul. No. 23. 20.08.2004 [Headwork. Patent Rus. No. 2234629. Bul. No. 23. 20.08.2004.]*. (rus)
 15. Khramenkov S.V., Podkovyrov V.P., Cheshlya R.R., Chuprakov Yu.I. *Ventilnaya golovka. Patent RF № 2242659. Byul. No.35. 20.12.2004 [Headwork. Patent Rus. No. 2242659. Bul. No. 35. 20.12.2004]*. (rus)
 16. Svintsov A.P., Malov A.N., Nikolenko Yu.V., Glebov Ye.A., Gusakov S.V. *Nadezhnost sanitarno-tekhnicheskoy armatury v ekspluatatsionnykh usloviyakh [Safety of sanitary fitting in operating conditions]. Water Supply and Sanitary Technique*. 2009. No. 6. Pp. 58–63. (rus)
 17. Bykov I.Yu., Kolotovskiy A.N., Yermolenko N.M., Adamenko S.V. *Otsenka ekspluatatsionnoy nadezhnosti zapornoy armatury statisticheskimi metodami [Maintainability of stop valve assessment by statistical technology]. Gazovaya Promyshlennost'*. 2006. No. 6. Pp. 58–62. (rus)
 18. Svintsov A.P., Mukarzel S.A., Mukarzel K.A. *Smenny klapannyi uzel. Patent RF №2230963. Byul. No. 15. 20.06.2004 [Replaceable valve unit. Patent Rus. No. 2230963. Bul. No. 15. 20.06.2004]*. (rus)
 19. Svintsov A.P., Mukarzel S.A., Glebov Ye.A., Shubin A.M., Shchesnyak L.Y. *Ventilnaya golovka. Patent RF №2434170. Byul. No. 32. 20.11.2011 [Headwork. Patent Rus. No. 2434170. Bul. No. 32. 20.11.2011]*. (rus)
 20. Svintsov A.P., Mukarzel S.A., Suchenko V.N., Glebov Ye.A. *Metodika rascheta ploshchadi prokhodnogo otverstiya ploskogo klapana ventilnoy golovki [Headwork clearing hole of plate valve area calculation method]. Water Supply and Sanitary Technique*. 2010. No. 4. Pp. 40–42. (rus)
 21. Svintsov A.P., Mukarzel S.A., Shchesnyak L.Ye. *Metodika rascheta ventilnoy golovki dlya vodorazbornoy armatury [Headwork calculation method for hydrant valve]. Water Supply and Sanitary Technique*. 2013. No. 4. Pp. 44–46. (rus)

Александр Петрович Свинцов,
(905)5826910; эл. почта: svintsovap@rambler.ru

Махмуд Исхакович Харун,
(495)9550830; эл. почта: miharun@mail.ru

Сергей Асаадович Мукарзель,
(495)955-08-30; эл. почта: sergelb@inbox.ru

Alexandr Svintsov,
(905)5826910; svintsovap@rambler.ru

Makhmud Kharun,
(495)9550830; miharun@mail.ru

Serge Mukarzel,
(495)955-08-30; sergelb@inbox.ru

© Свинцов А.П., Харун М.И., Мукарзель С.А., 2015