

**А. К. СТРЕЛКОВ
Ю. Н. ЗОТОВ
И. Ю. МИХАЙЛОВА**

КВАРТИРНЫЙ РЕГУЛЯТОР ДАВЛЕНИЯ С УЛУЧШЕННОЙ ВОДОСБЕРЕГАЮЩЕЙ ХАРАКТЕРИСТИКОЙ

HOUSING PRESSURE REGULATOR WITH IMPROVED WATER-SAVING CHARACTERISTICS

Рассмотрены вопросы, связанные с проблемой уменьшения непроизводительных потерь воды в системах холодного и горячего водоснабжения многоквартирных домов. Показана недостаточная эффективность применения известных водосберегающих устройств, снижающих непроизводительные расходы, причиной которых является противоречие между требованиями рациональности и обеспечения максимальной потребности в коммунальной услуге водоснабжения. Разработаны рекомендации по совершенствованию конструкции поршневого квартирного регулятора давления «после себя», обеспечивающего снижение непроизводительных расходов. Приведены результаты экспериментального исследования регулятора давления с улучшенной водосберегающей характеристикой.

Ключевые слова: квартирный регулятор давления, непроизводительные расходы, многоквартирный дом

The issues related to the problem of reducing unproductive water losses in the systems of cold and hot water supply of apartment buildings are considered in the article. The insufficient efficiency of application of known water-saving devices, reducing overhead costs, the cause of which is the contradiction between the requirements of rationality and ensuring the maximum demand for a public water supply service, is shown. The recommendations for improving the design of the piston apartment pressure regulator "after itself", ensuring a reduction in non-productive costs are developed. The results of an experimental study of a pressure regulator with an improved water-saving characteristic are presented.

Keywords: housing pressure regulator, overhead costs, multi-family house

Рациональное использование воды и энергетических ресурсов во внутренних системах холодного и горячего водоснабжения многоквартирных домов (МКД) достигается посредством реализации энергосберегающих мероприятий, конечной целью которых является рациональное использование воды и энергетических ресурсов.

Водопотребление в МКД принято разделять на полезное использование и потери воды. Потери воды формируются под влиянием различных факторов, имеющих техникский, временной и социальный характер [1]. Основными видами потерь воды технического характера являются: утечки воды, сливы недогретой или остывшей горячей воды, непроизводительные расходы.

Наиболее существенным видом потерь в МКД, исследование которых имеет значение для конструирования санитарно-технической арматуры и оборудования, а также проектирования внутренних систем холодного и горячего водоснабжения, являются непроизводительные расходы воды. Непроизводительные расходы, являющиеся неотъемлемой частью общего расхода через санитарно-техническую арматуру, – это объем воды, вытекающий из излива арматуры, который не участвует в удовлетворении потребителя в воде. Основной причиной образования этих расходов являются величины

давления перед санитарно-технической арматурой, превышающие проектные величины давления [1, 2]. Повышенное давление перед арматурой приводит к снижению ее регулирующей способности и существенному увеличению бесполезных расходов воды. На рис. 1 представлены графики изменения расхода воды через кран при его открытии и различных давлениях [1].

Все известные технические мероприятия, уменьшающие непроизводительные расходы, предусматривают применение:

– устройств (аэраторы, шайбы и пр.), устанавливаемых на подводках перед водоразборным устройством, которые повышают их гидравлические сопротивления, снижая при этом производительность арматуры;

– квартирных регуляторов давления (КРД), которые снижают давление перед водоразборными приборами и выравнивают давление на входах в квартиры, расположенных на разных этажах МКД.

Применение устройств, снижающих производительность водоразборной арматуры, противоречит требованию к внутренним системам водоснабжения как части коммунальной инфраструктуры, так как располагаемая производительность систем должна обеспечивать

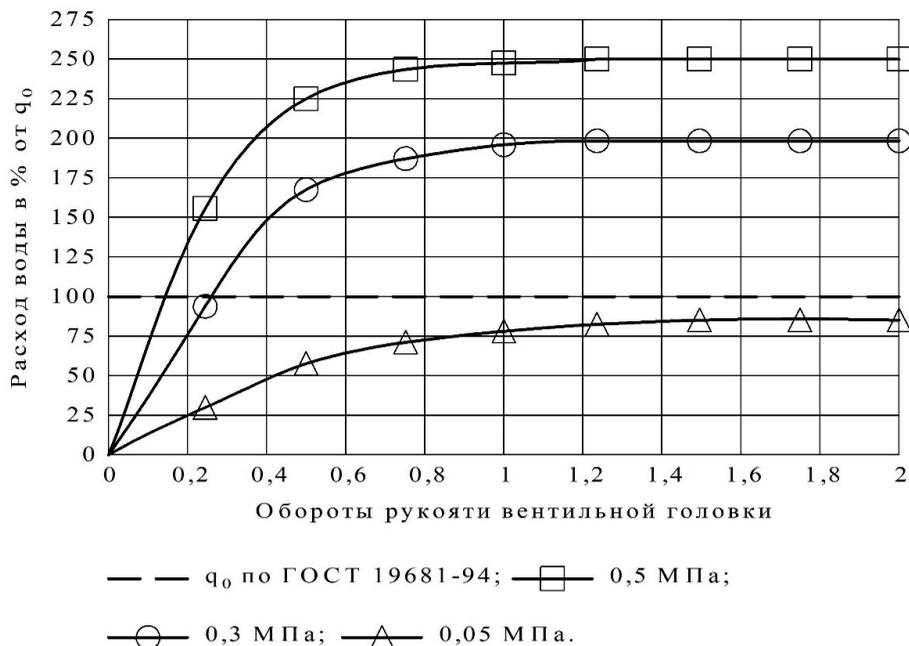


Рис. 1. Графики изменения расхода воды через кран при постепенном его открывании и различных давлениях

удовлетворение максимальной потребности в соответствующей коммунальной услуге в любой момент времени [3–6].

Применение КРД, имеющих фиксированную настройку исходя из максимальных расходов в системах водоснабжения МКД, эффективно только для периодов водопотребления в часы утреннего или вечернего максимумов – с 7.00 до 9.00 или с 19.00 до 22.00 соответственно. В остальное время (при величинах расходов меньше максимального значения) избыточное давление у водоразборных приборов будет больше нормативных величин, а непроизводительные расходы воды возрастают.

Квартирные регуляторы давления (регуляторы давления «после себя») работают по принципу выравнивания усилий (рис. 2): усилие, создаваемое давлением воды на золотник и поршень, уравновешивается усилием, оказываемым пружиной на поршень:

$$(S_3 + S_n) \cdot p_{\text{вых}} = (L_0 - L_x) \cdot k,$$

где S_3 и S_n – площади золотника и поршня соответственно; $p_{\text{вых}}$ – давление после регулятора; L_0 и L_x – длины пружины в ненагруженном и нагруженном состояниях соответственно; k – жесткость пружины.

Вода, имеющая давление $p_{\text{вх}}$ попадая во входную камеру, воздействует с одинаковой силой на золотник и на нижнюю поверхность поршня [7]. Сила упругости пружины поддер-

живает редуктор в открытом положении до тех пор, пока давление воды $p_{\text{вых}}$ воздействующее на верхнюю поверхность поршня и золотник, не сравняется с настроечным давлением КРД. В этот момент золотник начинает перекрывать отверстие между входной и выходной камерами, увеличивая местное сопротивление и снижая величину выходного давления до заданного уровня.

При проектировании величина выходного давления (настроечное давление КРД) определяется исходя из величин: статического давления на входе в регулятор; гидравлических потерь в системе после регулятора до расчетных водоразборных приборов при максимальном расходе воды; требуемого (максимального) избыточного давления у диктующего водоразборного прибора.

Рекомендации по выбору величин основных параметров квартирных регуляторов давления, обеспечивающих выполнение нормативных показателей объемных расходов и давлений при эксплуатации систем водоснабжения и безопасности использования сантехнических приборов, установлены ГОСТ Р 55023-2012 «Арматура трубопроводная. Регуляторы давления квартирные. Общие технические условия»: выходное давление в диапазоне рабочих объемных расходов от 0,05 до 0,5 л/с и рабочих давлений от 0,4 МПа до номинального давления (PN) $p_{\text{вых}} = 0,27 \pm 0,02$ МПа; градиент изменения давления за регулятором при изменении расхода на величину 0,05 л/с в диапазоне рабочих объемных

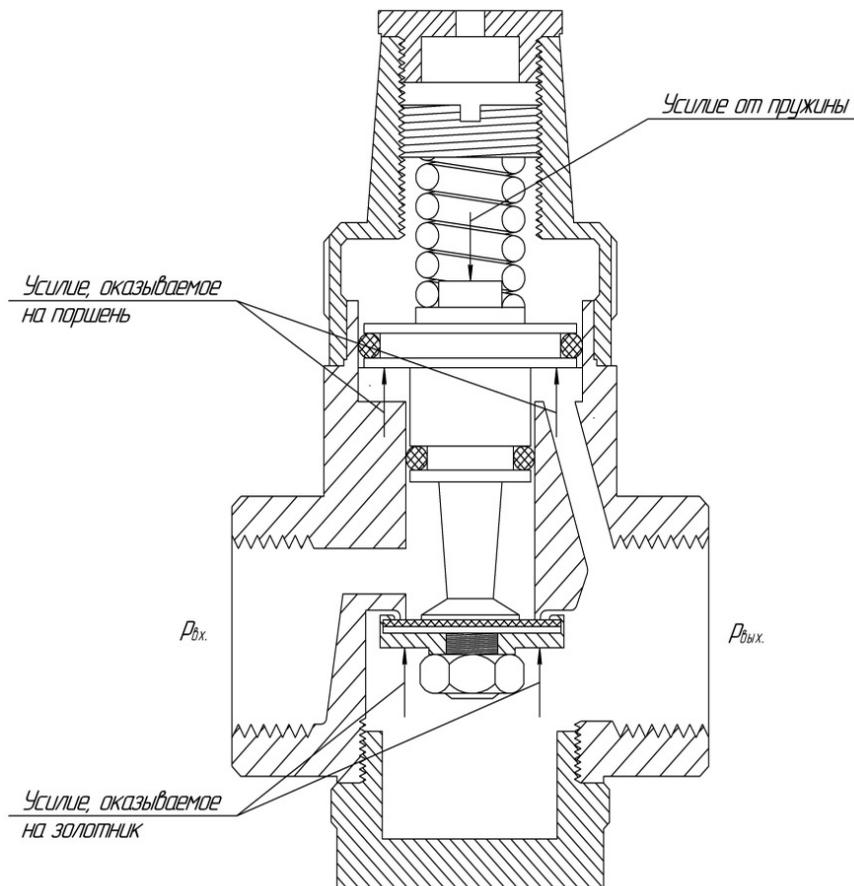


Рис. 2. Схема КРД в положении «закрыто»

расходов от 0,05 до 0,5 л/с и рабочих давлений от 0,3 МПа до номинального давления (P_N) $\Delta p_{\text{вых}} < 0,004$ МПа; давление за регулятором при безрасходном режиме $p_{\text{ор}} = 0,35$ МПа.

Следует отметить, что для всех известных поршневых КРД величины площадей золотника и поршня, а также величина жесткости пружины для каждого типоразмера являются постоянными величинами, что является их существенным с точки зрения водосбережения недостатком, так как большее давление после регулятора при расходах меньше настроечного (максимального) снижает эффект водосбережения.

Проведенные на кафедре водоснабжения и водоотведения Академии строительства и архитектуры Самарского государственного технического университета (АСА СамГТУ) теоретические и экспериментальные исследования позволили разработать КРД «после себя» с улучшенной водосберегающей характеристикой [8] (рис. 3).

В отличие от существующих КРД предложенный (модифицированный) регулятор содержит в верхней части корпуса 1, в плоскости, перпендикулярной оси поршня 4, кольцевую канавку 14, в которой установлено эластичное

кольцо 15. Такое конструктивное решение позволяет изменять площадь поршня, на которую оказывается давление воды после регулятора при величинах расходов меньше максимального значения. Как следствие этого, снижается величина давления за регулятором. Кольцевая канавка при этом выполнена таким образом, чтобы обеспечивать заданную деформацию эластичного кольца при полностью открытом клапане. Сила деформации эластичного кольца, в силу ее малости по сравнению с силами, действующими на поршень, в уравнении равновесия регулятора не учитывается.

У КРД с улучшенной водосберегающей характеристикой возможно три характерных положения поршня:

- поршень находится в верхнем положении и не соприкасается с эластичным кольцом (рис. 4, а);
- поршень находится в промежуточном положении и касается верха эластичного кольца, но не деформирует его (рис. 4, б);
- поршень находится в нижнем положении и полностью деформирует эластичное кольцо (рис. 4, в).

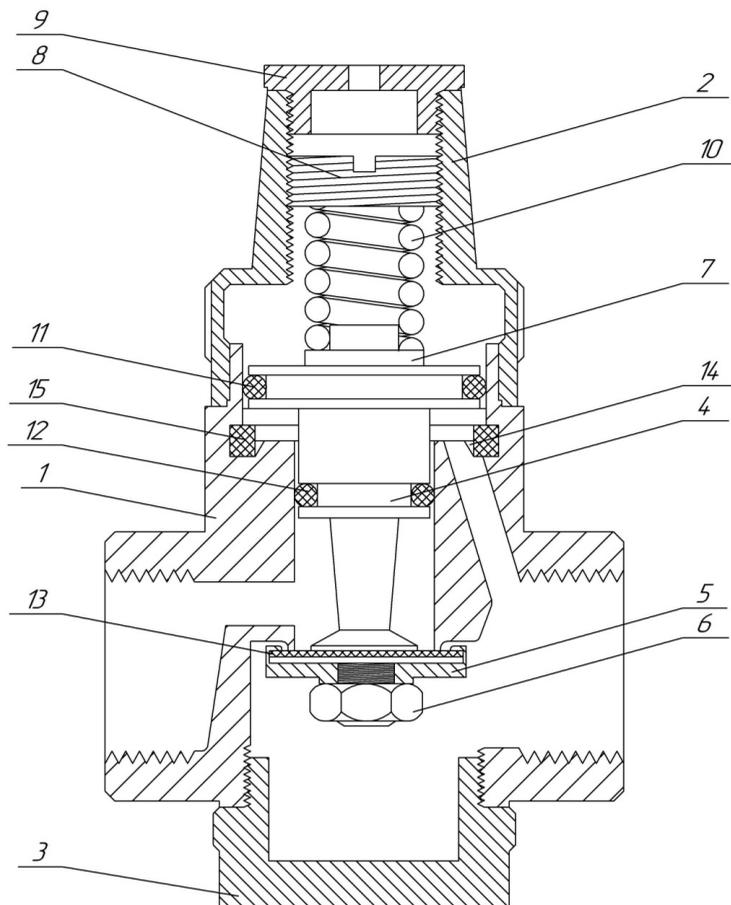


Рис. 3. Квартирный регулятор давления:

1 – корпус; 2 – крышка; 3 – пробка; 4 – поршень; 5 – золотник; 6 – гайка; 7 – упорный конус; 8 – гайка настройки; 9 – защитный колпачок; 10 – пружина; 11 – уплотнительное кольцо большое; 12 – уплотнительное кольцо малое; 13 – прокладка золотника; 14 – кольцевая канавка; 15 – эластичное кольцо

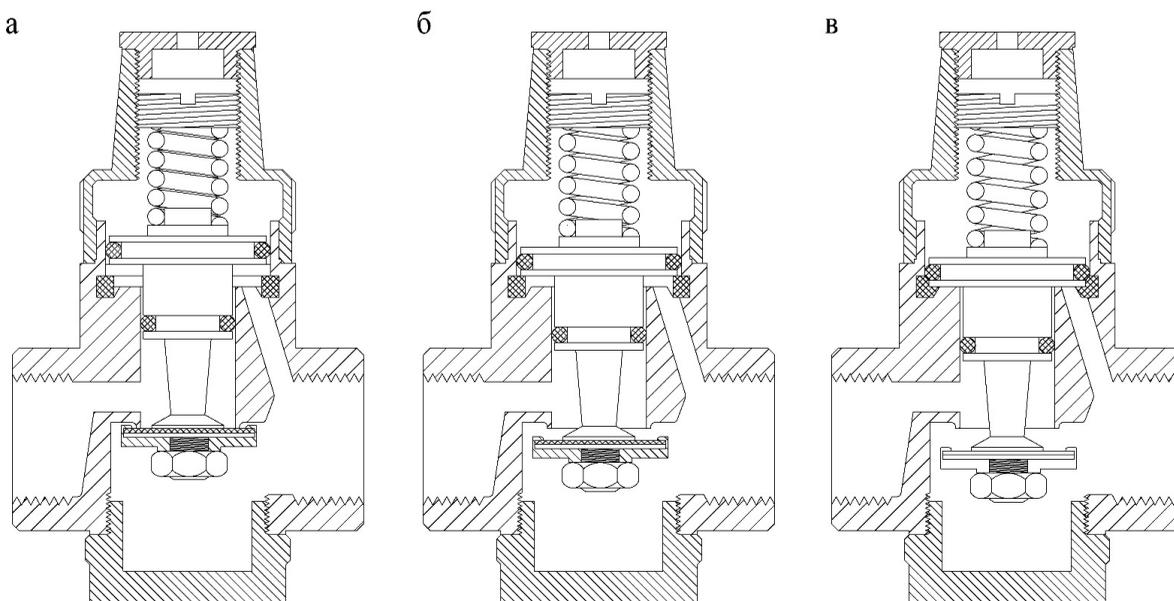


Рис. 4. КРД с улучшенными водосберегающими характеристиками:

а – регулятор закрыт; б – регулятор приоткрыт; в – регулятор полностью открыт

Квартирный регулятор давления с улучшенной водосберегающей характеристикой при открытии и закрытии работает следующим образом.

Фаза открытия. При увеличении расхода воды (открытие водоразборного прибора) давление воды за клапаном будет уменьшаться, при этом усилие, оказываемое водой на поршень (см. рис. 3), также будет снижаться, что обеспечит перемещение штока вниз в сторону открытия. В промежутке между первым и вторым характерными положениями поршня уравнение равновесия регулятора будет выглядеть следующим образом:

$$(S_3 + S_n) \cdot p_{\text{вых}} = (L_0 - L_x) \cdot k.$$

Как только поршень достигнет верха эластичного кольца, то величина площади поршня, на которую оказывается давление воды, уменьшится на величину площади эластичного кольца $S_{\text{э.к.}}$. Усилие, которое создает вода на поршень, уменьшится на величину произведения площади эластичного кольца на давление воды ($S_{\text{э.к.}} \cdot p_n$). Уравнение равновесия регулятора будет выглядеть следующим образом:

$$(S_3 + S_n - S_{\text{э.к.}}) \cdot p_{\text{вых}} = (L_0 - L_x) \cdot k.$$

Уменьшение усилия, создаваемого давлением воды на золотник и поршень, приведет к удлинению пружины, а вместе с ней и открытию клапана, при этом клапан при дальнейшем открытии будет работать с большим давлением «после себя» при том же расходе.

В промежутке между вторым и третьим характерными положениями поршня уравнение равновесия регулятора будет выглядеть следующим образом:

$$(S_3 + S_n - S_{\text{э.к.}}) \cdot p_{\text{вых}} = (L_0 - L_x) \cdot k.$$

Фаза закрытия. При уменьшении расхода воды через регулятор давления (закрытие водоразборного прибора) давление воды за клапаном будет увеличиваться, при этом уравнение равновесия поршня будет выглядеть следующим образом:

$$(S_3 + S_n - S_{\text{э.к.}}) \cdot p_{\text{вых}} = (L_0 - L_x) \cdot k.$$

Вместе с ростом давления будет происходить смещение поршня вверх и закрытие клапана. Когда поршень дойдет до верха эластичного кольца, то в этот момент вода попадет в пространство между верхней частью кольца и поршнем и при этом усилие, которое создает вода на поршень, возрастет на величину произведения

площади эластичного кольца на давление воды ($S_{\text{э.к.}} \cdot p_n$). Уравнение равновесия регулятора будет выглядеть следующим образом:

$$(S_3 + S_n) \cdot p_{\text{вых}} = (L_0 - L_x) \cdot k.$$

В результате, при достижении положения поршня до момента отрыва от эластичного кольца, произойдет резкое перемещение поршня вместе с золотником вверх, вплоть до момента уравнивания силы упругости пружины усилием на поршень и золотник, что будет соответствовать меньшему давлению после регулятора.

Оценка эффективности конструктивного решения была проведена при испытании двух КРД – стандартного и модифицированного (содержащего эластичную вставку, выполненную в соответствии с патентом на полезную модель № 185578) регулятора давления прямого действия поршневого VT.087 фирмы VALTEC.

На рис. 5 представлена фотография корпуса модифицированного КРД.

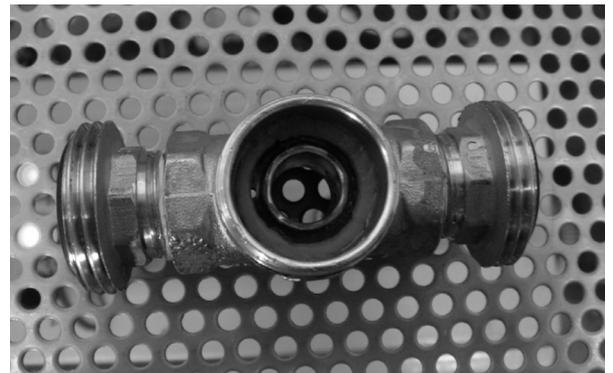


Рис. 5. Корпус модифицированного КРД

Испытания стандартного и модифицированного КРД проведены на гидравлическом стенде (рис. 6).

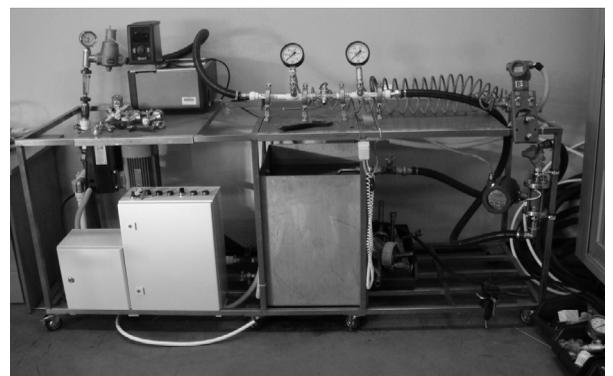


Рис. 6. Испытательный стенд фирмы VALTEC

Принципиальная схема участка испытательного стенда и его фотография представлены на рис. 7 и 8.

Испытания КРД проведены по стандартной методике (ГОСТ Р 55023-2012) с учетом норматива UNI EN 1576-2002 в следующей последовательности:

– на входе КРД устанавливалось давление воды $P_{вх} = 0,6$ МПа;

– на выходе КРД проводилось измерение воды $P_{вых}$ при фиксированных расходах через регулятор: 0,05; 0,10; 0,15; 0,20; 0,25; 0,30; 0,35; 0,40; 0,45; 0,50; 0,45; 0,40; 0,35; 0,30; 0,25; 0,20; 0,15; 0,10; 0,05 л/с.

В целях корректного доказательства результата технического решения, оба сравниваемых регулятора были настроены на выходное давление $p_{вых} = 0,2$ МПа. По результатам испытаний были построены зависимости $p_{вых} = f(q)$ при $p_{вх} = 0,6$ МПа (рис. 9).

Результаты экспериментального исследования подтвердили правильность выбранного конструктивного решения по доработке КРД в части снижения давления за ним при величинах расходов, меньших максимального расхода.

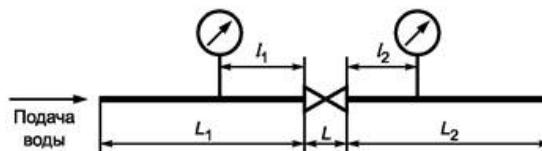


Рис. 7. Схема участка испытательного стенда: $L1 \geq 5 \cdot d$; $L2 \geq 10 \cdot d$; $l1 = 2 \cdot d$; $l2 = 4 \cdot d$

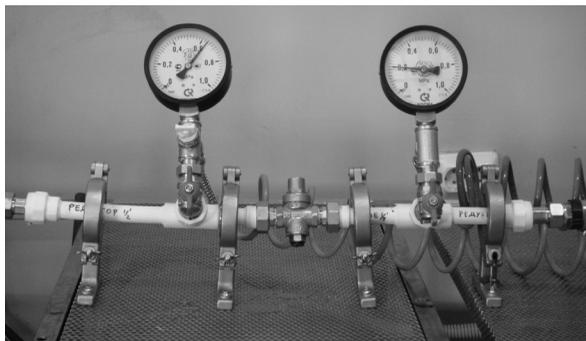


Рис. 8. Участок испытательного стенда

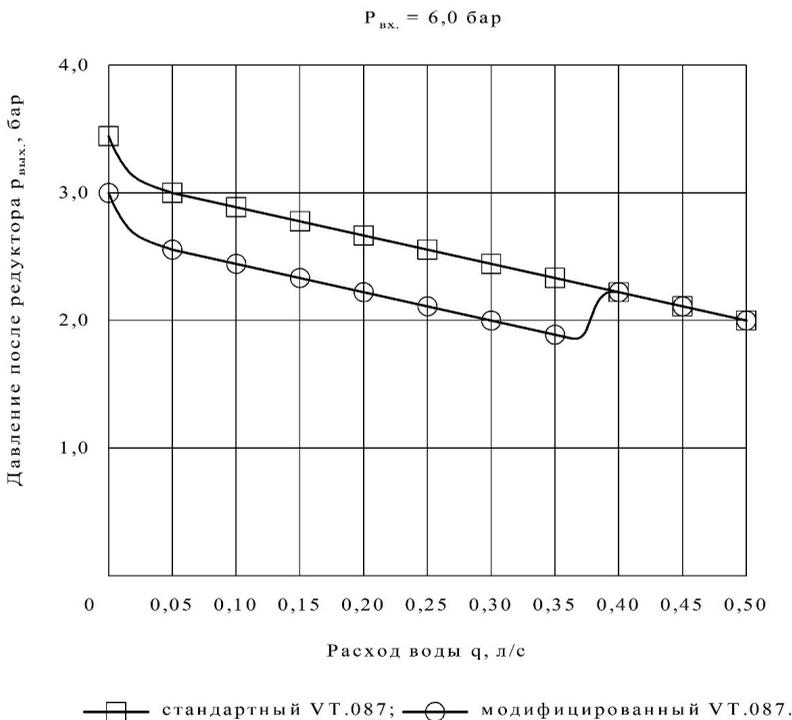


Рис. 9. Графики зависимости давления за КРД от расхода при постоянном входном давлении (фаза закрытия)

Выводы. 1. Нормативное требование к внутренним системам водоснабжения в части необходимости обеспечения удовлетворения максимальной потребности в соответствующей коммунальной услуге в любой момент

времени нивелирует эффективность применения известных технических решений, уменьшающих непроизводительные расходы воды через водоразборные приборы в процессе их эксплуатации.

2. Использование предложенного КРД с улучшенной водосберегающей характеристикой позволяет снизить давление при расходах меньше максимального и, как следствие этого, уменьшить непроизводительные расходы воды через водоразборные приборы в процессе их эксплуатации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Свинцов А.П. Устранение потерь воды в системах водоснабжения жилых зданий. М.: Изд-во РУДН, 2001. 139 с.
2. Свинцов А.П., Мукарзель С.А., Рысьев Д.А. Расходные характеристики водоразборной арматуры // Сантехника. 2005. № 6. С. 62 – 67.
3. Сиваков С.Б., Трутнев Э.К., Прокофьев В.Н. Государственная поддержка жилищного строительства и развитие коммунальной инфраструктуры. М.: Издательский дом «Дело» РАНХиГС, 2013. 264 с.
4. Ларин С.Н. Жилищно-коммунальные услуги: специфические свойства и экономическая сущность // Бюллетень науки и практики. 2017. № 6 (19). С. 231 – 238.

5. Шувалов М.В. Диалектика совокупности теоретических, методологических и нормативных положений, применяемых для проектирования канализаций поселений // Градостроительство и архитектура. 2018. № 2. С. 35 – 45. DOI:10.17673/Vestnik.2018.02.6.

6. Стрелков А.К., Зотов Ю.Н., Михайлова И.Ю. Взаимосвязь технического регулирования в строительстве с правовым регулированием деятельности в сфере жилищно-коммунального хозяйства // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Строительные технологии: сборник статей /под ред. М.В. Шувалова, А.А. Пищулева, А.К. Стрелкова. Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2018. С. 201 – 204.

7. Технический паспорт изделия VALTEC модель VT.087 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.valtec.ru/document/technical/VT.087-0717.pdf>. (дата обращения: 12.05.2018).

8. Пат. на полезную модель № 185578 Российская Федерация, МПК G05D 16/08. Регулятор давления квартирный / А.К. Стрелков, Ю.Н. Зотов, И.Ю. Михайлова; заявитель и патентообладатель СамГТУ. № 2018124426; заявл. 03.07.2018; опубл. 11.12.2018, бюл. № 35-2018. 1 с.

Об авторах:

СТРЕЛКОВ Александр Кузьмич

доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой водоснабжения и водоотведения Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194, тел. (846) 339-14-11
E-mail: a19400209@yandex.ru

STRELKOV Alexander K.

Doctor of Engineering Science, Professor of the Water Supply and Wastewater Chair Samara State Technical University Academy of Architecture and Civil Engineering 443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 194, tel. (846) 339-14-11
E-mail: a19400209@yandex.ru

ЗОТОВ Юрий Николаевич

кандидат технических наук, доцент кафедры теплогазоснабжения и вентиляции Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194, тел. (846) 339-14-76
E-mail: nauka_zotov@mail.ru

ZOTOV Yury N.

PhD in Engineering Science, Associate Professor of the Heat and Gas Supply and Ventilation Chair Samara State Technical University Academy of Architecture and Civil Engineering 443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 194, tel. (846) 339-14-76
E-mail: nauka_zotov@mail.ru

МИХАЙЛОВА Ирина Юрьевна

инженер общепольничного немедицинского персонала Самарская областная детская клиническая больница имени Н.Н. Ивановой 443079, Россия, г. Самара, ул. Карла Маркса, 165-А, тел. (846) 207-30-43
E-mail: vk-sgasu.zotova@yandex.ru

MIKHAYLOVA Irina Yu.

Engineer, General Hospital Nonmedical Staff Samara Regional Children's Clinical Hospital named after N.N. Ivanova tel. (846) 207-30-43
E-mail: vk-sgasu.zotova@yandex.ru

Для цитирования: Стрелков А.К., Зотов Ю.Н., Михайлова И.Ю. Квартирный регулятор давления с улучшенной водосберегающей характеристикой // Градостроительство и архитектура. 2019. Т.9, № 1. С. 57–63. DOI: 10.17673/Vestnik.2019.01.10.

For citation: Strelkov A.K., Zotov Yu.N., Mikhaylova I.Yu. Housing Pressure Regulator with Improved Water-Saving Characteristics // Urban Construction and Architecture. 2019. V. 9, 1. Pp. 57–63. DOI: 10.17673/Vestnik.2019.01.10.