

Ламердонов З. Г., Настуева Л. Ж.

Lamerdonov Z. G., Nastueva L. Zh.

ПНЕВМОГИДРАВЛИЧЕСКАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ
ЛАБОРАТОРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

PNEUMATIC HYDRAULIC INSTALLATION
FOR LABORATORY RESEARCH

Приводятся инновационные разработки Кабардино-Балкарского ГАУ. Целью исследований является разработка методики гидравлических исследований расходных характеристик водовыпускных элементов инженерно-мелиоративных систем. Материалом для разработки методики проведения исследований явился накопленный исследователями опыт по решению данного вопроса. В работе описаны известные установки для проведения гидравлических исследований с критическим анализом достоинств и недостатков. Главными недостатками являются: громоздкость и отсутствие возможности оборотного использования воды. Экспериментальные исследования и разработанная методика основана на использовании математической теории планировании эксперимента. Приводятся схемы и конструктивные решения установки гидравлических исследований. Подробно описаны принципы работы пневмогидравлической оборотной установки в обе стороны. Приводятся теоретические зависимости и практические рекомендации по применению и коммерциализации разработанных устройств. Описан вариант возможного использования установки для создания учебных стендов и демонстраций уравнения Бернулли, других гидравлических зависимостей. Описана методика для определения гидравлических расходных характеристик на стенде. Приводятся выводы по работе. Предлагаемая установка запатентована в Российской Федерации.

Ключевые слова: гидравлический стенд, капельница, водовыпускной элемент, капельное орошение, внутривидочечное

орошение, пневмогидравлическая оборотная установка.

Innovative developments of the Kabardino-Balkarian State Agrarian University are presented. The purpose of the research is to develop a methodology for hydraulic studies of the flow characteristics of water discharge elements of engineering and reclamation systems. The material for developing the research methodology was the experience accumulated by the researchers on solving this issue. The paper describes well-known installations for conducting hydraulic research with a critical analysis of the advantages and disadvantages. The main disadvantages are: cumbersome and lack of recyclable water. Experimental research and the developed technique is based on the use of mathematical theory to design an experiment. The schemes and constructive solutions of the hydraulic research installation are given. The principles of operation of a pneumo-hydraulic reversible installation in both directions are described in detail. Theoretical dependencies and practical recommendations on the use and commercialization of the developed devices are given. A variant of the possible use of the installation for the creation of training stands and demonstrations of the Bernoulli equation and other hydraulic dependencies are described. The technique for determining the hydraulic flow characteristics at the stand is described. The paper provides conclusions on the work. The proposed installation is patented in the Russian Federation.

Key words: hydraulic stand, dropper, water outlet element, drip irrigation, subsoil irrigation, pneumohydraulic reversing unit.

Ламердонов Замир Галимович – доктор технических наук, профессор кафедры природообустройства, ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский ГАУ, г. Нальчик
E-mail: lamerdonov-zamir@rambler.ru

Настуева Людмила Жагафаровна – аспирант, кафедры природообустройства, ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский ГАУ, г. Нальчик
E-mail: ms.nastueva@mail.ru

Lamerdonov Zamir Galimovich – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Environmental Engineering, FSBEI HE Kabardino-Balkarian SAU, Nalchik
E-mail: lamerdonov-zamir@rambler.ru

Nastueva Lyudmila Zhagafarovna – postgraduate student, Department of Environmental Engineering, FSBEI HE Kabardino-Balkarian SAU, Nalchik
E-mail: ms.nastueva@mail.ru

Введение. Россия обладает 55 процентами мировых запасов плодородных земель, это дает возможность стать лидером в мире по производству сельхозпродукции. В последние годы Россия стала мировым лидером по экспорту зерна на мировом рынке, о чем часто упоминают в своих выступлениях, руководство страны и лично президент Владимир Владимирович Путин. Вместе с тем, далеко не полностью исчерпан экспортный потенциал сельскохозяйственной продукции нашей страны. Дальнейший рост эффективности сельскохозяйственного производства возможен через внедрение прогрессивной техники и технологий, введение в сельскохозяйственный оборот заброшенных земель, внедрение мелиорации, совершенствование инженерно-мелиоративных систем. Важным направлением является внедрение информатизации и автоматизации при выращивании сельскохозяйственной продукции [1, 2].

Так, в Кабардино-Балкарском государственном аграрном университете им .В.М. Коква много внимания уделяется разработке, совершенствованию ресурсосберегающих инженерно-мелиоративных систем [3]. На горных и предгорных ландшафтах поверхностные способы полива невозможны, поэтому необходимо внедрять ресурсосберегающие технологии: капельное и локальное внутрипочвенное орошение, предложенное и запатентованное в 2006 году [4, 5]. Разработаны и исследуются автоматизированные инженерно-мелиоративные системы для защиты растений от вредителей и заморозков [6], системы локального внутрипочвенного орошения (СЛВО) [7], многофункциональные инженерно-мелиоративные системы (МИМСы) [8], капельные системы орошения [9] и другие. Проведенные экспериментальные исследо-

вания систем капельного и локального внутрипочвенного орошения (ЛВО) показали, что при внедрении ЛВО имеет место экономия воды на 10÷15 процентов за счет снижения испарения с поверхности почвы. При локальном внутрипочвенном орошении не образуется корка на поверхности почвы, которая ухудшает водо-воздушный режим почвы [10, 11].

Разработанные устройства локального внутрипочвенного орошения улучшают процесс подачи воды в корневую систему [12, 13, 14].

Одной из проблем, которая сдерживает процесс быстрого продвижения инновационных разработок, отсутствие методики и рекомендаций для проведения гидравлических исследований элементов инженерных и мелиоративных систем (рис. 1).



Рисунок 1 – Водовыпускные элементы (капельницы) российского и итальянского производства

В настоящее время известны установки для проведения гидравлических исследований [15], главным недостатком их является громоздкость и дороговизна. Исследования осуществляются безоборотным пропуском воды через большие установки. Недостатком

их являются: большая потребность в воде; малая мобильность установки; дороговизна проводимых исследований.

Цель исследований – разработка методики для проведения гидравлических исследований и определения характеристик водовыпускных элементов мелиоративных систем.

Методы проведения исследований.

Материалом для разработки метода исследований по определению гидравлических характеристик элементов мелиоративных систем явился предыдущий опыт исследователей. Предметом исследования являются разработка и исследование гидравлической установки исследований водовыпускных элементов. В результате критического анализа существующих решений, предложены инновационные варианты, которые запатентованы в Российской Федерации и частично апробированные в лабораторных условиях. Основными достоинствами предлагаемой установки являются: малая потребность жидкости для обеспечения работы (воды, масла и т.д.); малая дороговизна конструкции установки и т.д. План исследований включает: изготовление; выбор элементов исследования; выявление основных факторов, план и параметр оптимизации. Экспериментальные исследования и разработанная методика основаны на использовании математической теории планировании эксперимента. В качестве приборов и инструментов для проведения исследований используются: манометры, мерные объемные бачки, секундомер, пьезометры и т.д.

Результаты исследований и обсуждение.

Для решения поставленной проблемы разработана установка для проведения гидравлических исследований (см. рис. 2).

Установка работает следующим образом [15]: в шину 5 закачивается воздух и давление в ней доводится до величины 2÷3 атмосфер. Открывается вентиль 11 подачи воздуха, который поступает в бак с водой 3 (рис.2). Открывается вентиль 9 для подачи воды, которая поступает по шлангу 4 во внутрипочвенный увлажнитель 2.

Расход вытекающей воды из бака можно определить объемным методом, для этого имеется мерная шкала:

$$Q = \frac{V_1 - V_2}{T} = \frac{\Delta V}{T}, \quad (1)$$

где:

Q – расход воды;

V_1, V_2 – объем воды в напорном бачке, до и после начала истечения воды;

ΔV – объем вытекшей воды;

T – время истечения.

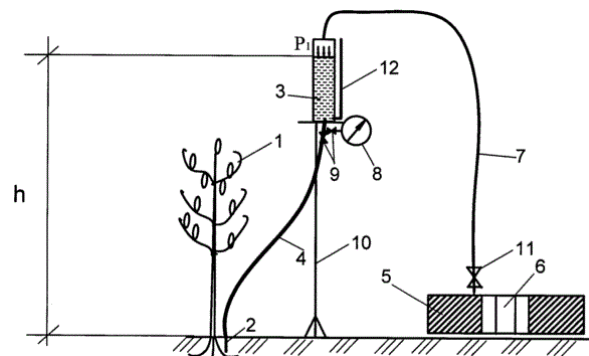


Рисунок 2 – Установка для проведения гидравлических исследований (Патент РФ №2581184):

1 – растение; 2 – локальный внутрипочвенный увлажнитель; 3 – напорный бак; 4 – шланг; 5 – шина; 6 – диск; 7 – напорный шланг; 8 – манометр; 9 – вентиль подачи воды; 10 – штатив; 11 – воздушный вентиль; 12 – пьезометр

Давление на водовыпускном элементе установки равно:

$$P_2 = P_1 + \rho gh, \quad (2)$$

где:

P_2, P_1 – давление соответственно давлению на исследуемом элементе и свободной поверхности воды в бачке;

h – высота водяного столба;

ρ – плотность воды;

g – ускорение свободного падения.

Такая установка не эффективна для проведения гидравлических исследований по определению расходных характеристик. Поэтому разработана и запатентована в РФ ПОУ (рис. 3) [16].

Пневмогидравлическая обратная установка (ПОУ) работает следующим образом [16].

Пневматическим насосом (рис. 3) шина 2 заполняется воздухом до величины давления 2-3 атмосферы при этом вентиль 5 закрыт. После чего, вентиль 5 открывается, воздух из шины 2 поступает в бачок 1 с водой, вентиль 8 открыт, а 9 закрыт. При этом бачок 6 работает как напорный, а бачок 7 как сбросной. Далее вода по трубопроводу 10 поступает на исследуемый элемент 1. На

трубопроводе 10 установлен манометр и вентиль 19. Вода сбрасывается в лоток 14 и по трубопроводу 16 попадает во второй бачок 7. После заполнения водой бачка 7, направление движения

воды меняется в обратную сторону этим достигается обратная система водоснабжения.

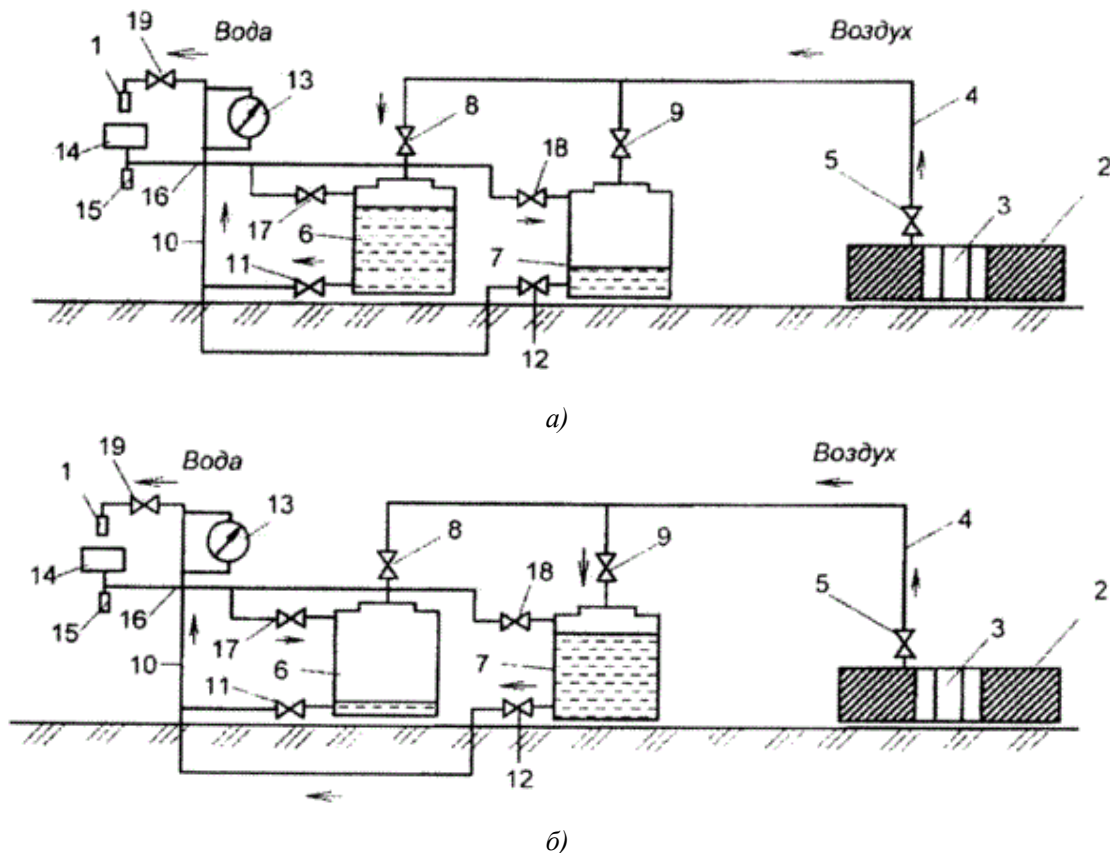


Рисунок 3 – Пневмогидравлическая обратная установка для тарирования и проведения лабораторных исследований по определению расходных характеристик водовыпускных элементов (Патент РФ № 191042):

а – работа установки, когда первый бак напорный, а второй бак сбросной; б – работа установки, когда второй бак напорный, а первый бак сбросной; 1 – водовыпускной элемент; 2 – шина; 3 – диск; 4 – воздушный трубопровод; 5 – задвижка; 6 – первый бачок; 7 – второй бачок; 8 – воздушный вентиль на первый бачок; 9 – воздушный вентиль на второй бачок; 10 – напорный трубопровод; 11 – вентиль на напорный трубопровод первого бачка; 12 – вентиль на напорный трубопровод от второго бачка; 13 – манометр; 14 – сборный лоток; 15 – отстойник; 16 – сбросной трубопровод; 17 – вентиль на сбросной трубопровод первого бачка; 18 – вентиль на сбросной трубопровод второго бачка; 19 – водоспускной вентиль

Эффективность обратной системы повышается, когда в качестве обратной жидкости является масло.

С помощью ПОУ планируется создавать и учебные стенды для проведения лабораторных работ в учебном процессе. Так можно демонстрировать уравнение Бернулли:

$$z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} = z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + h_f, \quad (3)$$

где:

γ – удельный вес воды;

v_1, v_2 , – скорость потока воды соответственно в первом и во втором сечении;

p_1, p_2 , – пьезометрическое давление соответственно в первом и во втором сечении;

v_1, v_2 – скорость потока воды соответственно в первом и во втором сечении;

g – ускорение свободного падения;

h_f – потери напора по длине на участке;

Z_1, Z_2 – высота, соответственно первого и

второго участка.

Для исследования расходных характеристик μ из отверстий, или других гидравлических характеристик можно воспользоваться формулой истечения жидкости из отверстий:

$$Q = \mu \omega \sqrt{2gH}, \quad (4)$$

где:

μ – коэффициент расхода жидкости;

ω – площадь поперечного сечения отверстия;

H – гидростатический напор.

В перспективе учебные экспериментальные столы с пневмогидравлической установкой можно предлагать в учебные заведения среднего и высшего образования, для проведения лабораторных работ. В планы авторов входит создание малого инновационного предприятия по производству лабораторного оборудования на основе предлагаемых разработок.

Результаты исследований могут быть использованы как при проведении научно-исследовательских работ, так и для создания учебных стендов в образовательном процессе.

Литература

1. Дубенок Н.Н. Приоритеты научного обеспечения развития мелиорации // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2014. – №1. – С.96-104.

2. Хаширова Т.Ю. Охрана горных и предгорных ландшафтов управлением твердого стока. – Нальчик: Полиграфсервис и Т, 2007. – 220 с.

3. Пат. № 2384049 РФ, МПК А01G 25/00. Устройство для подпочвенного орошения / Ламердонов З.Г., Кештов А.Ш., Дабагова Л.М., Дышеков А.Х.; заявитель и патентообладатель Кабардино-Балкарская гос. с.-х. академ. – № 2008126818/12; заявл. 01.07.2008; опубл. 20.03.2010. Бюл. № 8.

4. Пат. № 2395195 РФ, МПК А01G 25/00. Способ подпочвенного орошения / Ламердонов З.Г., Кештов А.Ш., Дабагова Л.М., Дышеков А.Х.; заявитель и патентообладатель Кабардино-Балкарская

Выводы. Приводятся инновационные разработки Кабардино-Балкарского ГАУ и причина медленного их продвижения по внедрению в с.-х. производство. Цель исследований – разработка методики для проведения гид-равлических исследований и определения ха-рактеристик водовыпускных элементов инже-нерно-мелиоративных систем. Материалом для проведения исследований по определению гидравлических характеристик является опыт, накопленный исследователями по решению данного вопроса. Экспериментальные исследования и разработанная методика основаны на использовании математической теории планирования эксперимента, а обработка результатов осуществляется по типовым и собственным программам. Приводятся конструктивные решения и описывается уста-новка для проведения исследований методики тарирования и проведения лабораторных исследований. Установка запатентована в РФ (Патент РФ №2581184, Патент РФ № 191042). Такие установки эффективны при исследовании гидравлических характеристик, когда жидкостью являются дорогостоящие масла. Приводятся теоретические зависимости и практические рекомендации по применению и коммерциализации разработанных устройств.

гос. с.-х. академ. – № 2008126785/12; заявл. 01.07.2008; опубл. 27.07.2010. Бюл. № 21.

References

1. Dubenok N.N. Prioritety nauchnogo obespecheniya razvitiya melioracii // Izvestiya Timiryazevskoj sel'skohozyajstvennoj akademii. – 2014. – №1. – S.96-104.

2. Hashirova T.Yu. Ohrana gornyh i predgornyh landshaftov upravleniem tverdogo stoka. – Nal'chik: Poligrafservis i T, 2007. – 220 s.

3. Pat. № 2384049 RF, MPK A01G 25/00. Ustrojstvo dlya podpochvennogo orosheniya / Lamerdonov Z.G., Keshtov A.SH., Dabagova L.M., Dyshekov A.H.; zayavitel' i patentoobladatel' Kabardino-Balkarskaya gos. s.-h. akad. – № 2008126818/12; zayavl. 01.07.2008; opubl. 20.03.2010. Byul. № 8.

4. Pat. № 2395195 RF, MPK A01G 25/00. Sposob podpochvennogo orosheniya / Lamerdonov Z.G., Keshtov A.SH., Dabagova L.M., Dyshekov A.H.; zayavitel' i

patentobladatel' Kabardino-Balkarskaya gos. s.-h. akad. – № 2008126785/12; заявл. 01.07.2008; opubl. 27.07.2010. Byul. № 21.

5. Пат. № 2548176 РФ, МПК А01G 13/06. Способ защиты растений от заморозков / Кештов А.Ш., Ламердонов З.Г., Шахмурзов М.М.; заявитель и патентообладатель Кештов Альберт Шагирович. – № 2013154153/13; заявл. 05.12.2013, опубл. 20.04.2015. Бюл. № 11.

6. Пат. № 2545030 РФ, МПК А01G 13/06. Способ защиты растений от заморозков паром / Кештов А.Ш., Ламердонов З.Г., Шахмурзов М.М.; заявитель и патентообладатель Кештов Альберт Шагирович. – № 2014102426/13; заявл. 24.01.2014, опубл. 27.03.2015. Бюл. № 9.

7. *Ламердонов З.Г.* Многофункциональные инженерно-мелиоративные системы в садоводстве и виноградарстве // Техника и оборудование для села. – 2016. – №8. – С. 8-9.

8. *Кештов А.Ш.* Капельница многоразового использования с регулируемой подачи воды: новые конструктивные решения // Природообустройство. – 2012. – №2. – С.23-25

9. *Ламердонов З.Г., Дзагаштова Л.М.* Инновационная ресурсосберегающая технология локального внутрпочвенного способа орошения // Техника и оборудование для села. – 2016. – №11. – С. 20-23.

10. *Ламердонов З.Г., Дабагова Л.М., Гумбаров А.Д.* Ресурсосберегающие технологии внутрпочвенного орошения // [Труды КубГАУ](#). – 2012. – №4/37. – С. 237-238.

11. Пат. № 2492632 РФ, МПК А01G 25/00. Способ орошения / Ламердонов З.Г.; заявитель и патентообладатель Ламердонов Замир Галимвич. – № 2012106319/13; заявл. 21.02.2012; опубл. 20.09.2013. Бюл. № 26.

12. Пат. № 2568466 РФ, МПК А01G 29/00, А01G 27/00, А01G 25/02. Устройство для внутрпочвенного орошения / Кештов А.Ш., Дзагаштова Л.М., Ламердонов З.Г.; заявитель и патентообладатель Кештов Альберт Шагирович – 2013152308/13заявл. 25.11.2013, опубл. 20.11.2015. Бюл. № 32.

13. Пат. № 2568465 РФ, МПК А01G 29/00, А01G 27/00, А01G 25/02. Устройство для внутрпочвенного орошения / Кештов А.Ш., Ламердонов З.Г., Шахмурзов М.М.; заявитель и патентообладатель Кештов Альберт Шагирович. – 2013153636/13; заявл. 03.12.2013, опубл. 20.11.2015. Бюл. № 32.

14. Пат. № 2660305 РФ, МПК G09B 23/06. Устройство для демонстрации уравнения

Бернулли применительно к закрытым потокам / Попов А.М.; заявитель и патентообладатель Воронежский государственный технический университет. – № 2016121731; заявл. 01.06.2016; опубл. 05.07.2018. Бюл. № 19.

5. Pat. № 2548176 RF, MPK A01G 13/06. Sposob zashchity rastenij ot zamorozkov / Kesh-tov A.SH., Lamerdonov Z.G., SHahmurzov M.M.; zayavitel' i patentobladatel' Keshtov Al'bert SHagirovich. – № 2013154153/13; zayavl. 05.12.2013, opubl. 20.04.2015. Byul. № 11.

6. Pat. № 2545030 RF, MPK A01G 13/06. Sposob zashchity rastenij ot zamorozkov parom / Keshtov A.SH., Lamerdonov Z.G., SHahmur-zov M.M.; zayavitel' i patentobladatel' Keshtov Al'bert SHagirovich. – № 2014102426/13; zayavl. 24.01.2014, opubl. 27.03.2015. Byul. № 9.

7. *Lamerdonov Z.G.* Mnogofunkcional'nye inzhenerno-meliorativnye sistemy v sadovodstve i vinogradarstve // Tekhnika i oborudovanie dlya sela. – 2016. – №8. – S. 8-9.

8. *Keshtov A.Sh.* Kapel'nica mnogorazovogo ispol'zovaniya s reguliruemoy podachi vody: novye konstruktivnye resheniya // Prirodoobus-trojstvo. – 2012. – №2. – S. 23-25

9. *Lamerdonov Z.G., Dzagashtova L.M.* In-novacionnaya resursosberegayushchaya tekhnologiya lokal'nogo vnutripochvennogo sposoba orosheniya // Tekhnika i oborudovanie dlya sela. – 2016. – №11. – S. 20-23.

10. *Lamerdonov Z.G., Dabagova L.M., Gum-barov A.D.* Resursosberegayushchie tekhnologii vnutripochvennogo orosheniya // Trudy Kub-GAU. – 2012. – №4/37. – S. 237-238.

11. Pat. № 2492632 RF, MPK A01G 25/00. Sposob orosheniya / Lamerdonov Z.G.; zayavitel' i patentobladatel' Lamerdonov Zamir Galim-vich. – № 2012106319/13; zayavl. 21.02.2012; opubl. 20.09.2013. Byul. № 26.

12. Pat. № 2568466 RF, MPK A01G 29/00, А01G 27/00, А01G 25/02. Ustrojstvo dlya vnutripochvennogo orosheniya / Keshtov A.SH., Dzagashtova L.M., Lamerdonov Z.G.; zayavitel' i patentobladatel' Keshtov Al'bert SHagirovich –2013152308/13zayavl. 25.11.2013, opubl. 20.11.2015. Byul. № 32.

13. Pat. № 2568465 RF, MPK A01G 29/00, А01G 27/00, А01G 25/02. Ustrojstvo dlya vnutripochvennogo orosheniya / Keshtov A.SH., Lamerdonov Z.G., SHahmurzov M.M.; zayavitel' i patentobladatel' Keshtov Al'bert SHagirovich. – 2013153636/13; zayavl. 03.12.2013, opubl. 20.11.2015. Byul. № 32.

14. Pat. № 2660305 RF, MPK G09B 23/06. Ustrojstvo dlya demonstracii uravneniya Bernulli

primenitel'no k zakryтым potokam / Popov A.M.;
zayavitel' i patentoobladatel' Voronezhskij
gosudarstvennyj tekhnicheskij universitet. – №
2016121731; zayavl. 01.06.2016; opubl.
05.07.2018. Byul. № 19.

15. Пат. №2581184 РФ, МПК G05D 7/01.
Установка для гидравлических исследований
/ Ламердонов З.Г.; заявитель и
патентообладатель Ламердонов Замир
Галимович. – №2014151327/28; заявл.
17.12.2014; опубл. 20.04.2016, Бюл. №11.

16. Пат. №191042 РФ, МПК F15B 19/00.
Установка для гидравлических исследований
/ Ламердонов З.Г., Настуева Л.Ж.; заявитель и
патентообладатель Кабардино-Балкарский
ГАУ – 2018138415; заявл. 30.10.2018; опубл.
22.07.2019, Бюл. №21.

15. Pat. №2581184 RF, MPK G05D 7/01.
Ustanovka dlya gidravlicheskih issledovanij /
Lamerdonov Z.G.; zayavitel' i patentoobladatel'
Lamerdonov Zamir Galimovich. –
№2014151327/28; zayavl. 17.12.2014; opubl.
20.04.2016, Byul. №11.

16. Pat. №191042 RF, MPK F15B 19/00.
Ustanovka dlya gidravlicheskih issledovanij /
Lamerdonov Z.G., Nastueva L.ZH.; zayavitel' i
patentoobladatel' Kabardino-Balkarskij GAU –
2018138415; zayavl. 30.10.2018; opubl.
22.07.2019, Byul. №21.

