

УДК 631.67

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕКОТОРЫХ ПАРАМЕТРОВ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ ПУТЕМ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ КАПЕЛЬНИЦ

Абделфаттах А.Х., Зиганшин Б.Г., Иванов Б.Л.

Реферат. Приведены результаты лабораторных исследований предложенной системы капельного полива. Исследованы пять различных типов капельниц для количественной оценки гидравлических характеристик. Получены зависимости равномерности расхода воды через капельницы при изменении рабочего давления в системе. Лабораторные исследования экспериментальной установки проводились в учебно-демонстрационном центре Казанского государственного аграрного университета. Экспериментальная установка состоит из накопительного резервуара, погружного насоса, пяти магистральных труб из ПВХ длиной 3 м и диаметром 16 мм, запорных кранов капельной линии, манометров, основного запорного крана, коллекторной линии, обратной линии и капельниц. Перед началом экспериментов из системы был удален воздух и отрегулировано давление на входе в каждую магистральную трубу до требуемого значения. Непосредственно под каждую капельницу были помещены мерные емкости объемом 500 мл для определения объема вытекшей воды за две минуты. Значительная равномерность расхода воды и наименьшие отклонения от заданного номинального расхода были достигнуты капельницами типа А и С (с компенсацией давления) при рабочем давлении 0,2 МПа, у капельниц типа В (также с компенсацией давления) равномерность расхода воды снижалась с увеличением давления. Результаты проведенных исследований показывают, что капельницы с компенсацией давления менее чувствительны к изменениям давления с рабочим давлением 0,35 МПа. Расход воды (q) у капельниц типа А увеличился на 5,27%, В – на 27,3% и С – на 9,1%. Капельницы типа D и E имеют самую низкую равномерность расхода воды при различных уровнях давления. В реальных условиях орошения рекомендуется устанавливать манометры не только в коллекторной линии, но и на магистральных трубах (желательно в конце каждой магистральной трубы) для определения перепада и потерь давления в системе.

Ключевые слова: орошение, капельный полив, оценка, капельницы с компенсацией давления, расход, равномерность распределения, объемный расход.

Введение. Для получения высоких и качественных урожаев в сельском хозяйстве применяется мелиорация земель, направленная на сохранение и повышение плодородия почвы, рост урожайности возделываемых культур. В системе мелиорации основное внимание уделяется повышению эффективности орошения. Наиболее экономичным и эффективным методом орошения является капельный полив. Известно, что урожайность при капельном поливе увеличивается на 100...500% по сравнению с урожаями, где применяются дождевальная машины [1, 2, 3, 4].

Основными достоинствами капельного полива являются [5, 6, 7, 8]:

- отсутствие затрат ручного труда на полив растений;
- экономия расхода воды при орошении на 40...50%;
- исключаются ожоги листьев растений, возникающие при применении дождевальных установок;
- снижаются заболевания растений фитотрофной и другими грибковыми заболеваниями;
- возможность регулирования влажности почвы в любой точке системы;
- не требует отключения во время естественных природных осадков (не происходит

заболачивания почвы, так как через капельный дозатор к корням растений поступает только то количество воды, которое необходимо для оптимального увлажнения почвы);

- возможность внесения удобрений и подкормки растений микроэлементами вместе с оросительной водой;
- простота и надёжность конструкций;
- небольшой срок окупаемости.

В связи с этим широкое внедрение систем капельного полива является важнейшей задачей, и, соответственно, возникает необходимость разработки новых конструкций оросительных систем, повышение их технической надежности и устойчивости эксплуатации [9, 10, 11].

Проектирование систем капельного полива включает следующие этапы [12, 13, 14]:

- расчет потребления воды;
- определение длины оросительных магистралей (с учетом схемы посадки);
- разделение участка на отдельные зоны полива (с учетом размеров орошаемой площади, мощности насоса и объема скважины);
- выбор материалов для разводящих и магистральных трубопроводов;
- подбор капельниц и фильтрующих элементов.

Многочисленные результаты исследований

оросительных систем свидетельствуют, что эффективность их работы и качество увлажнения почвы в значительной мере зависят от равномерности распределения воды в слое активного водопотребления по всей длине капельных линий [15, 16, 17]. В связи с этим целью наших исследований является оценка зависимости расхода капельниц от изменения давления и определение оптимальных рабочих давлений для разных типов капельниц (давление, при котором достигается наибольшая равномерность подачи воды).

Условия, материалы и методы исследований. Лабораторные исследования экспериментальной установки проводились в учебно-демонстрационном центре ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет», г. Казань, Россия.

Экспериментальная установка (рисунок 1) состоит из накопительного резервуара 1, погружного насоса 2, пяти магистральных труб 3 из ПВХ длиной 3 м и диаметром 16 мм, запорных кранов 4 капельной линии, манометров 5, основного запорного крана 6, коллекторной

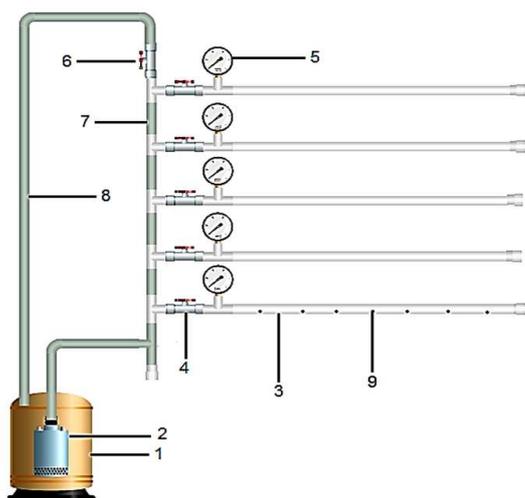


Рисунок 1 – Схема экспериментальной установки капельного орошения

линии 7, обратной линии 8 и капельниц 9.

В начале каждой капельной линии установлены краны 4 для ручной регулировки давления на входе капельных линий. Давление измеряли при помощи манометров 5. Манометры имеют диапазон измерения 0...0,6 МПа. Основной запорный кран 6 используется на коллекторной линии 7 для поддержания требуемого постоянного давления во всех магистральных трубах 3. Обратная линия 8 используется для возврата излишнего объема воды в накопительный резервуар. Капельницы 9 вмонтированы непосредственно в магистральные трубы капельных линий на расстоянии 30 см друг от друга.

Для исследования были выбраны пять раз-

личных типов капельниц фирмы Rivulis Euro-drip (рисунки 2 и 3), технические характери-

Таблица 1 – Технические характеристики исследованных капельниц

Тип капельницы	Серия	Цвет крышки	Номинальный расход, (л/ч)
с компенсацией давления	A	зеленая	8
	B	черная	3.85
	C	коричневая	2.2
без компенсации давления	D	черная	4
	E	зеленая	8

стики которых приведены в таблице 1.

Капельницы с компенсацией давления (рисунок 2) по сравнению с капельницами без компенсации давления (рисунок 3) обеспечивают равномерную подачу воды в слой активного водопотребления по заданным производителем характеристикам через каждую капельницу, и расход воды через такую капельницу не изменяется при перепадах давления в системе.

Перед началом экспериментов из системы был удален воздух и отрегулировано давление на входе в каждую магистральную трубу до требуемого значения. Непосредственно под каждую капельницу были помещены мерные емкости объемом 500 мл для определения объема вытекшей воды за две минуты



Рисунок 2 – Капельницы с компенсацией давления



Рисунок 3 – Капельницы без компенсации давления



Рисунок 4 – Экспериментальная установка для капельного полива

Таблица 2 – Расход капельниц при разных уровнях давления и процент отклонения от номинального расхода.

Тип капельницы	Номинальный расход (л/ч)	Измеренный расход и процент изменения					
		0.05 МПа	Δq %	0.2 МПа	Δq %	0.35 МПа	Δq %
A	8	7.4	-7.5*	7.9	-1.3	8.4	5.0
B	3.85	3.6	-6.5	4.3	11.7	4.9	27.3
C	2.2	2.1	-4.5	2.2	0.0	2.4	9.1
D	4	3.1	-22.5	5.9	47.5	8.2	105.0
E	8	5.7	-28.8	11.5	43.8	15.2	90.0

* Отрицательный знак указывает процент снижения

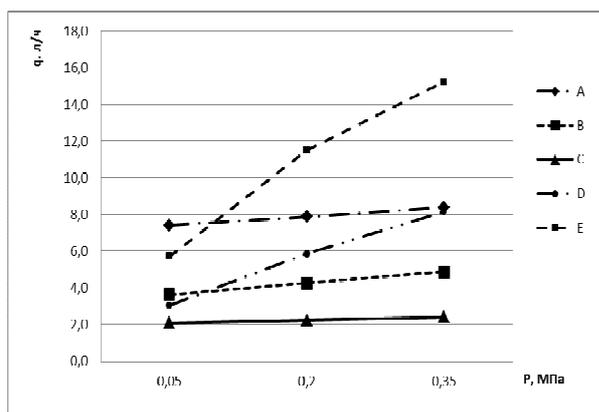


Рисунок 6 – Зависимость объемного расхода капельниц от давления

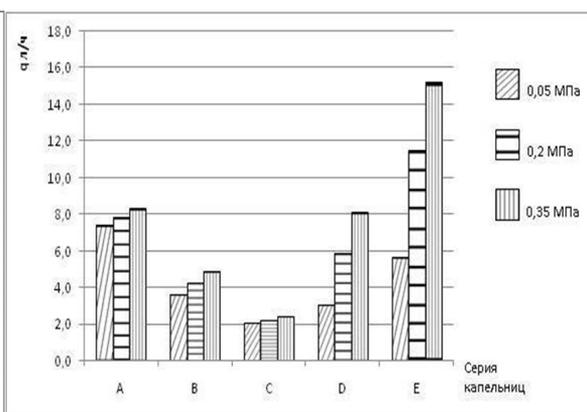


Рисунок 5 – Изменение расхода капельниц при различных значениях давления

(рисунок 4).

Эксперименты проводили при трех разных давлениях (P) – 0,05, 0,2 и 0,35 МПа, в трехкратной повторности.

Анализ и обсуждение результатов исследования. Результаты проведенных экспериментов показали, что у всех капельниц объемный расход жидкости увеличивается при увеличении рабочего давления в системе (рисунки 5 и 6).

При увеличении рабочего давления с 0,05 до 0,35 МПа, объемный расход капельниц серии **A** увеличился с 7,4 до 8,4 л/ч, **B** – с 3,6 до 4,9 л/ч, **C** – с 2,1 до 2,4 л/ч, **D** – с 3,1 до 8,2 л/ч и **E** – с 5,7 до 15,2 л/ч (табл. 2).

Из табл. 2 видно, что капельницы с компенсацией давления менее чувствительны к изменению расхода при увеличении давления, чем капельницы без компенсации.

В табл. 3 приведен коэффициент вариации C_v , который отражает равномерность расхода воды через капельницы.

Значения коэффициента вариации C_v капельниц типа **D** и **E** (без компенсации давления) увеличивались при повышении рабочего давления в системе, что свидетельствует о зависимости равномерности расхода от давления в системе (табл. 3).

Значительная равномерность расхода воды и наименьшие отклонения от заданного номинального расхода были достигнуты капельницами типа **A** и **C** (с компенсацией давления) при рабочем давлении 0,2 МПа, у капельниц

Таблица 3 – Коэффициент вариации расхода капельниц от номинального при разных уровнях давления

Давление	C_v				
	A	B	C	D	E
0.05 МПа	0.10	0.07	0.05	0.25	0.30
0.2 МПа	0.05	0.12	0.03	0.49	0.46
0.35 МПа	0.06	0.32	0.11	1.00	0.95

типа **B** (также с компенсацией давления) равномерность расхода воды снижалась с увеличением давления.

Необходимо отметить, что у всех типов капельниц коэффициент вариации C_v и средние отклонения расхода воды от заданного номинального расхода были достигнуты при низком рабочем давлении в системе.

Выводы. Результаты проведенных исследований показывают, что капельницы с компенсацией давления менее чувствительны к изменениям давления с рабочим давлением 0,35 МПа. Расход воды (q) у капельниц типа **A** увеличился на 5,27%, **B** – на 27,3% и **C** – на 9,1%. Капельницы типа **D** и **E** имеют самую низкую равномерность расхода воды при различных уровнях давления. В реальных условиях орошения рекомендуется устанавливать манометры не только в коллекторной линии, но и на магистральных трубах (желательно в конце каждой магистральной трубы) для определения перепада и потерь давления в системе.

Литература

1. Абделфаттах А.Х. Энергоэффективное использование водных ресурсов в сельском хозяйстве/ А.Х. Абделфаттах, И.М. Гомаа., Д.Т. Халиуллин// Агроинженерная наука XXI века. Труды региональной научно-практической конференции. Научное издание. – Казань: Изд-во Казанского ГАУ. – 2018. – С. 335-339.
2. Абделфаттах А.Х. Управление орошением почвы с использованием датчиков влажности/ А.Х. Абделфаттах, Д.Т. Халиуллин, И.М. Гомаа// Современное состояние, проблемы и перспективы развития механизации и технического сервиса агропромышленного комплекса. Материалы международной научно-практической конференции ИМиТС. – Казань: Изд-во Казанского ГАУ. – 2018. – С. 18-26.
3. Абделфаттах А.Х. Анализ процессов автоматизации полива на основе интеллектуальных систем/ А.Х. Абделфаттах, Б.Г. Зиганшин, Д.Т. Халиуллин, И.М. Гомаа// Достижения техники и технологий в АПК: материалы международной научно-практической конференции.- Ульяновск: Изд-во Ульяновского ГАУ, 2017 С. 13-21.
4. Кашапов И.И. Энергосберегающие технологии в АПК/ И.И. Кашапов, Б.Г. Зиганшин, Н.А. Корсаков, А.Р. Валиев// Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы VI международной научно-практической конференции. – Саратов: ООО «ЦеСАин», 2015.– С.88-90.
5. Мазитов Н.К. Энергоресурсосберегающие технологии и техника для обработки почвы и посева в засушливых условиях / Н.К. Мазитов Н.К., Б.Г. Зиганшин, А.Р. Валиев, Л.З. Шарафиев., И.Р. Рахимов, Х.Х. Шайдуллин, М.К. Шайхов, С.М. Яхин, Хисамеев Ф.Ф. // Вестник Казанского ГАУ. – 2013. – № 4 (30). – С.65-75.
6. Мазитов Н.К. Влажно-энергосберегающая технология и техника возделывания подсолнечника / Н.К. Мазитов, Л.З. Шарафиев, Д.Т. Халиуллин, С.М. Яхин, Р.Ф. Садриев // Современное состояние, проблемы и перспективные развития механизации и технического сервиса агропромышленного комплекса. – Казань: Изд-во Казанского ГАУ, 2017 – С.63-72.
7. Тагиров М.Ш. Сберегающие технологии – основа повышения эффективности в земледелии / М.Ш. Тагиров, Р.Н. Минибаев, А.С. Салихов, Р.И. Сафин, Б.Г. Зиганшин, А.Р. Валиев и др. - Казань: Казанского ГАУ. – 2006. – 50 с.
8. Файзрахманов Д.И., Нежметдинова Ф.Т., Зиганшин Б.Г., Валиев А.Р. Безопасность продуктов питания в условиях ВТО // Сельский механизатор. – 2013. – № 11 (57). – С. 4-6.
9. ASAE EP405.1, Design and installation of micro irrigation systems, in ASAE: Standards, ASAE, St. Joseph, MI, 2003.
10. E. López-ata, J. Tarjuelo, J. deJuan, R. Ballesteros, A. Domínguez, Effect of irrigation uniformity on the profitability of crops, *Agric. Water Manag.* 98(1) (2010)190–198.
11. H. Guan, J. Li, Y. Li, Effects of drip system uniformity and irrigation amount on cotton yield and quality under arid conditions, *Agric. Water Manag.* 124(6) (2013) 37–51 p.
12. International Commission on Irrigation and Drainage (ICID), 2000. Sprinkler and Micro-Irrigated Areas in Some ICID Member Countries (2000), http://www.icid.org/index_e.html.
13. ISO 9260, Agricultural Irrigation Equipment–Emitters: Specifications and Test Methods, 1991.
14. ISO 9261, Agricultural irrigation equipment – Emitting-pipe systems: Specification and Test Methods, 1991.
15. Moshe Sne, (2006). Guidelines for Planning and Design of Micro Irrigation In Arid And Semi-Arid Regions. International commission on irrigation and drainage (ICDI): 1-14 p.
16. Ozekici, B. and S. Bozkurt, (1999). Determination of hydraulic performances of in-line emitters. *Tr. J. of Agric. and Forestry*, 23: 19-24 p.
17. Smajstrla, A.G.; B.J. Boman; D.Z. Haman; D.J. Pitts and F.S. Zazueta, (2011). Field evaluation of micro-irrigation water application uniformity. Agricultural and biological engineering department. Florida cooperative extension service. Institute of food and agricultural sciences, Florida, USA.

Сведения об авторах:

Абделфаттах Ахмед Хассан – аспирант, e-mail: littab@mail.ru

Иванов Борис Литта – ст. преподаватель кафедры «Машины и оборудование в агробизнесе, e-mail: littab@mail.ru

Зиганшин Булат Гусманович – доктор технических наук, профессор, профессор РАН, e-mail: zigap66@mail.ru

ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет», г. Казань, Россия.

INVESTIGATION OF SOME PARAMETERS OF DRIP IRRIGATION BY HYDRAULIC EVALUATION OF DROPPERS

Abdelfattakh A.Kh., Ziganshin B.G., Ivanov B.L.

Abstract. The results of laboratory studies of the proposed drip irrigation system are given. Five different types of droppers have been investigated to quantify the hydraulic characteristics. The dependences of the uniformity of water flow through droppers with a change in the working pressure in the system are obtained. Laboratory studies of the experimental facility were carried out at the training and demonstration center of Kazan State Agrarian University. The experimental installation consists of a storage tank, a submersible pump, five P.V.C. main pipes with a length of 3 m and a diameter of 16 mm, stop valves of a drip line, pressure gauges, a main stop valve, a collector line, a return line, and droppers. Before starting the experiments, air was removed from the system and pressure at the inlet to each main pipe was adjusted to the required value. Immediately under each drip, 500 ml volumetric containers were placed to determine the volume of leaked

water in two minutes. Significant uniformity of water consumption and the smallest deviations from the specified nominal flow rate were achieved with type A and C droppers (with pressure compensation) at an operating pressure of 0.2 MPa; with type B droppers (also with pressure compensation), water flow uniformity decreased with increasing pressure. The results of the research show that pressure-compensated droppers are less sensitive to pressure changes with an operating pressure of 0.35 MPa. Water consumption (q) for type A droppers increased by 5.27%, B - by 27.3% and C - by 9.1%. Dropper type D and E have the lowest uniformity of water flow at different pressure levels. Under actual irrigation conditions, it is recommended to install pressure gauges not only in the collector line, but also on the main pipes (preferably at the end of each main pipe) to determine the differential and pressure losses in the system.

Key words: irrigation, drip irrigation, assessment, droppers with pressure compensation, flow, uniform distribution, volume flow.

References

1. Abdelfattakh A.Kh. *Energoeffektivnoe ispolzovanie vodnykh resursov v selskom khozyaystve. // Agroinzhenernaya nauka XXI veka. Trudy regionalnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Nauchnoe izdanie.* (Energy efficient use of water resources in agriculture. / A.Kh. Abdelfattakh, I.M. Goma, D.T. Khaliullin // Agroengineering science of the XXI century. Proceedings of the regional scientific and practical conference. Scientific publication). – Kazan: Izd-vo Kazanskogo GAU. – 2018. – P. 416. P. 335-339.
2. Abdelfattakh A.Kh. *Upravlenie oshoseniem pochvy s ispolzovaniem datchikov vlazhnosti. // Sovremennoe sostoyanie, problemy i perspektivy razvitiya mekhanizatsii i tekhnicheskogo servisa agropromyshlennogo kompleksa. Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii IMiTS.* (Soil irrigation management using humidity sensors. / A.Kh. Abdelfattakh, D.T. Khaliullin, I.M. Goma // Current status, problems and prospects for the development of mechanization and technical service of the agro-industrial complex. Proceedings of International scientific and practical conference of IMiTS). – Kazan: Izd-vo Kazanskogo GAU. – 2018. – P. 265. P. 18-26
3. Abdelfattakh A.Kh. *Analiz protsessov avtomatizatsii poliva na osnove intellektualnykh sistem. // Dostizheniya tekhniki i tekhnologii v APK: materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii.* (Analysis of irrigation automation processes based on intelligent systems. / A.Kh. Abdelfattakh, B.G. Ziganshin, D.T. Khaliullin, I.M. Goma // Achievements of equipment and technologies in the agro-industrial sector: proceedings of International scientific and practical conference). - Ulyanovsk: Izd-vo Ulyanovskogo GAU, 2017, P. 13-21
4. Kashapov I.I. *Energosberegayushchie tekhnologii v APK. // Aktualnye problemy energetiki APK: materialy VI mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii.* (Energy-saving technologies in agriculture. / I.I. Kashapov, B.G. Ziganshin, N.A. Korsakov, A.R. Valiev // Actual problems of the energy sector of the agroindustrial complex: proceedings of VI International Scientific Practical Conference). - Saratov: OOO "TseSAin", 2015.– P.88-90
5. Mazitov N.K. Energy-saving technologies and equipment for tillage and sowing in dry conditions. [Energoresursosberegayushchie tekhnologii i tekhnika dlya obrabotki pochvy i poseva v zasushlivykh usloviyakh]. / N.K. Mazitov, B.G. Ziganshin, A.R. Valiev, L.Z. Sharafiev, I.R. Rakhimov, Kh.Kh. Shaydullin, M.K. Shaykhov, S.M. Yakhin, F.F. Khisameev // *Vestnik Kazanskogo GAU. – Herald of Kazan SAU.* – 2013. – № 4 (30). – P. 65-75
6. Mazitov N.K. *Vlago-energosberegayushchaya tekhnologiya i tekhnika vozdeystviya podsolnechnika. // Sovremennoe sostoyanie, problemy i perspektivy razvitiya mekhanizatsii i tekhnicheskogo servisa agropromyshlennogo kompleksa.* (Moisture-energy-saving technology and sunflower cultivation technology. / N.K. Mazitov, L.Z. Sharafiev, D.T. Khaliullin, S.M. Yakhin, R.F. Sadriev // Current status, problems and future development of mechanization and technical service of the agro-industrial complex). – Kazan: Izd-vo Kazanskogo GAU, 2017 – P. 63-72
7. Tagirov M.Sh. *Sberegayushchie tekhnologii – osnova povysheniya effektivnosti v zemledelii.* [Saving technologies are the basis for improving efficiency in agriculture]. / M.Sh. Tagirov, R.N. Minibaev, A.S. Salikhov, R.I. Safin, B.G. Ziganshin, A.R. Valiev and others. - Kazan: Kazanskogo GAU. - 2006. – P. 50.
8. Fayzrakhmanov D.I., Nezhmetdinova F.T., Ziganshin B.G., Valiev A.R. *Food safety in the WTO.* [Bezopasnost produktov pitaniya v usloviyakh WTO]. // *Selskiy mekhanizator. - Rural mechanization.*- 2013. -№ 11 (57). - P. 4-6
9. ASAE EP405.1, Design and installation of micro irrigation systems, in ASAE: Standards, ASAE, St. Joseph, MI, 2003.
10. E. López-ata, J. Tarjuelo, J. deJuan, R. Ballesteros, A. Domínguez, Effect of irrigation uniformity on the profitability of crops, *Agric. Water Manag.* 98(1) (2010)190–198.
11. H. Guan, J. Li, Y. Li, Effects of drip system uniformity and irrigation amount on cotton yield and quality under arid conditions, *Agric. Water Manag.* 124(6) (2013) 37–51 p.
12. International Commission on Irrigation and Drainage (ICID), 2000. Sprinkler and Micro-Irrigated Areas in Some ICID Member Countries (2000), http://www.icid.org/index_e.html.
13. ISO 9260, Agricultural Irrigation Equipment–Emitters: Specifications and Test Methods, 1991.
14. ISO 9261, Agricultural irrigation equipment – Emitting-pipe systems: Specification and Test Methods, 1991.
15. Moshe Sne, (2006). Guidelines for Planning and Design of Micro Irrigation In Arid And Semi-Arid Regions. International commission on irrigation and drainage (ICDI): 1-14 p.
16. Ozekici, B. and S. Bozkurt, (1999). Determination of hydraulic performances of in-line emitters. *Tr. J. of Agric. and Forestry*, 23: 19-24 p.
17. Smajstrla, A.G.; B.J. Boman; D.Z. Haman; D.J. Pitts and F.S. Zazueta, (2011). Field evaluation of micro-irrigation water application uniformity. Agricultural and biological engineering department. Florida cooperative extension service. Institute of food and agricultural sciences, Florida, USA.

Authors:

Abdelfattakh Akhmed Khassan – post-graduate student, e-mail: littab@mail.ru
 Ivanov Boris Litta – Senior Lecturer of Machinery and Equipment in Agribusiness Department, e-mail: littab@mail.ru
 Ziganshin Bulat Gusmanovich - Doctor of Technical sciences, Professor, Professor of the Russian Academy of Sciences, e-mail: zigan66@mail.ru
 Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia.