

potential energy during the pulsed action on the seeds], *Vestnik agrarnoj nauki Dona*, 2018, No 3(43), pp. 5–8. (In Russian)

22. Zabrodin V.P., Butenko A.F., Shepczov S.M. Issledovanie udarnogo vozdejstviya mekhanicheskogo ustrojstva na

semena ozimoj pshenicy [Research of a mechanical device impact on the seeds of winter wheat], *Sel'skokhozyajstvennyye mashiny i tekhnologii*, 2018, No 12(2), pp. 14–18. (In Russian)

Сведения об авторах

Суханова Майя Викторовна – кандидат технических наук, доцент кафедры «Высшая математика и механика», Азово-Черноморский инженерный институт – филиал ФГБОУ ВО «Донской государственный аграрный университет» в г. Зернограде (Ростовская область, Российская Федерация). Тел.: +7-928-755-11-21. E-mail: m_suhanova@list.ru.

Мирошникова Валентина Викторовна – кандидат технических наук, главный специалист по научно-исследовательской работе дирекции Азово-Черноморского инженерного института – филиала ФГБОУ ВО «Донской государственный аграрный университет» в г. Зернограде (Ростовская область, Российская Федерация). Тел.: +7-918-568-12-02. E-mail: mvalentina04@gmail.com.

Суханов Андрей Валерьевич – кандидат технических наук, старший научный сотрудник, ОАО «Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт информатизации, автоматизации и связи на железнодорожном транспорте» (Ростов-на-Дону, Российская Федерация). Тел.: +7-989-721-65-53. E-mail: a.suhanov@rfniias.ru.

Information about the authors

Sukhanova Mayya Victorovna – Candidate of Technical Sciences, associate professor of the High mathematics and applied mechanics department, Azov-Black Sea Engineering Institute – branch of FSBEI HE «Don State Agrarian University» in Zernograd (Rostov region, Russian Federation). Phone: +7-928-755-11-21. E-mail: m_suhanova@list.ru.

Miroshnikova Valentina Viktorovna – Candidate of Technical Sciences, chief research specialist of the directorate, Azov-Black Sea Engineering Institute – branch of FSBEI HE «Don State Agrarian University» in Zernograd (Rostov region, Russian Federation). Phone: +7-918-568-12-02. E-mail: mvalentina04@gmail.com.

Sukhanov Andrey Valerievich – Candidate of Technical Sciences, senior researcher, Joint Stock Company NIAS (Rostov-on-Don, Russian Federation). Phone: +7-989-721-65-53. E-mail: a.suhanov@rfniias.ru.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 631.1

ИССЛЕДОВАНИЯ И ОБОСНОВАНИЕ РАСЧЕТНЫХ СХЕМ ПРОЦЕССА ВПИТЫВАНИЯ ПРИ ПОЛИВЕ ПО БОРОЗДАМ

© 2019 г. А.Ф. Апальков, С.А. Апальков, Н.П. Погорелов

Необходимость исследований и обоснования для дальнейших работ на сельскохозяйственных объектах вызвана тем, что территория Ростовской области расположена в зоне недостаточного увлажнения и нуждается в плановых поливах сельскохозяйственных культур. Главными причинами изменения состояния сельхозугодий, повлекшими за собой неблагоприятные последствия, являются переувлажнение и заболачивание орошаемых земель, причиной которых является завышение поливных и оросительных норм. Как показали исследования, при орошении используются завышенные нормы и по отдельным хозяйствам колеблются в широких пределах, превышая поливные нормы в 1,5–2 раза. Это значит, что большая часть оросительной воды идет на глубинную фильтрацию и порой достигает 40%. Поэтому необходимы исследования эффективных способов полива в производственных условиях. Опыт эксплуатации поливных земель показывает, что высокой эффективности полива можно добиться за счет улучшения почвенных условий. Для объективной оценки состояния орошаемых земель были проведены полевые исследования в отдельных хозяйствах Багаевского района, которые подтвердили, что эффективности полива можно добиться за счет уменьшения потерь воды на впитывание и обоснованного решения по выбору той или иной схемы полива сельскохозяйственных культур в хозяйстве. Следовательно, объективная оценка состояния орошаемого земельного участка необходима уже на стадии вегетационного полива, что скажется на сокращении числа поливов, на повышении урожайности и снижении затрат на единицу возделываемой продукции. Авторами разработана методика определения влагозапасов на опытном участке исследуемых борозд. Установлено, что влажность для борозд с пленочным перфорированным покрытием в корнеобитаемом слое увеличивается более чем на 40%. Получены зависимости расхода оросительной воды на впитывание от влажности почвогрунтов.

Ключевые слова: вегетационный период, грунтовые воды, минерализация, засоленность почв, полив по бороздам, непроизводительный сброс, водно-физические свойства.

The need for research and justification for further work on reclamation facilities due to the fact that the territory of the Rostov region is located in the zone of insufficient moisture and needs planned irrigation of crops. The main causes of changes in the amelioration state, which led to unfavorable consequences, are overwetting and waterlogging of irrigated lands, which are caused by overestimation of irrigation and irrigation norms. As studies have shown, overestimated norms are used for irrigation and individual farms vary widely, exceeding irrigation holes by 1.5–2 times. This means that most of the irrigation water goes to deep filtration and sometimes reaches 40%. Therefore, effective methods of irrigation require research in the production environment. Experience in the exploitation of land reclamation shows that high irrigation efficiency can be achieved by improving soil-reclamation conditions. To objectively assess

the condition of irrigated lands, field studies were conducted in separate farms of Bagaevsky district, which confirmed that the efficiency of irrigation can be achieved by reducing water losses for absorption and reasonable decision on the choice of a scheme for watering crops in the farm. Therefore, an objective assessment of irrigated agriculture is very necessary already at the stage of vegetation irrigation, which will affect the reduction in the number of irrigation, increasing yields and reducing the cost per unit of cultivated products. The authors developed a method for determining the moisture content in the experimental section of the studied furrows. It was found that the moisture content of the perforated film-coated furrows in the root layer increases by more than 40%. The dependences of the consumption of irrigation water on absorption of moisture from the soil.

Keywords: drainage condition, ground water, salinity, salinity of the soil, in furrow irrigation, overhead vent, water-physical properties.

Введение. На территории Ростовской области большинство районов относятся к засушливым и полужасушливым регионам. Часть земель с течением времени была выведена, вынужденно, из использования при производстве сельскохозяйственных культур. Основными причинами такого явления являются возникшее переувлажнение, вплоть до их заболачивания. По последним данным в Ростовской области имеется почти 300 тыс. га орошаемых земель, на которых при

выращивании сельскохозяйственной продукции применяется орошение.

Целью работы является анализ и обоснование расчётных схем процесса впитывания влаги при поливе по бороздам.

Исходные данные для исследования. Как показала практика, в отдельных хозяйствах наблюдается высокое стояние уровня грунтовых вод, что приводит к засолению почвогрунтов. Некоторые показатели приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Сведения об уровне залегания грунтовых вод в Багаевском районе Ростовской области

Распределение орошения земель (га) в зависимости от уровня грунтовых вод, м						
менее 1,0	1,0–1,5	1,5–2,0	2,0–2,5	2,5–3,0	3,0–5,0	свыше 5,0
7	800	3150	6600	8500	26300	1770

Как показали проведённые исследования, при орошении используются значительные объёмы воды не только в вегетационный период развития растений, но и при отдельных, других по назначению, поливах, причём поливные нормы в различных хозяйствах варьируются в значительных пределах, превышающих

установленную в 1,5–2 раза, что также способствует повышению уровня залегания грунтовых вод.

Что касается распределения орошаемых земель по степени засоленности, то эти сведения приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Общие сведения о засоленности почв

По степени засоленности почв в слое (0–100 см), га						
незасоленные	слабозасоленные	среднезасоленные	сильнозасоленные	незасоленные	слабосолонцеватые	средне и солонцеватые
38840	7269	759	13,0	45038	1842	–

Большие расходы поливной воды наблюдаются при орошении с применением борозд, которые достигают 1,5 л/с и более против необходимых по нормативам – 0,5–0,6 л/с. Поэтому наблюдается избыточная влажность почвы, в результате чего возникает процесс непроизводительного сброса воды, что способствует поднятию уровня стояния грунтовых вод. Анализ исследований показывает, что процесс полива сельскохозяйственных культур по бороздам имеет неизучен-

ные проблемы, которые нельзя не учитывать. К ним относят:

- качество выполнения планировки полей;
- водопроницаемость почвы;
- значительные уклоны поверхности поливных участков;
- борозды, не соответствующие по длине проектной документации.

Таблица 3 – Состояние орошаемых земель

Хозяйства района	Площадь орошения, га	Глубина залегания грунтовых вод (м)							
		0–1 м		1–2 м		2–3 м		3 м	
		га	%	га	%	га	%	га	%
Федуловский	3458	–	–	411	12	1327	38	1720	50
Красновский	312	–	–	–	–	82	26	230	74

Перечисленные выше проблемы приводят к потерям (до 40% и выше) оросительной воды, которая идет частью на сброс, а частью на глубинную фильтрацию [11, 12]. В таблице 3 приведены глубины залегания грунтовых вод орошаемых земель некоторых хозяйств Багаевского района.

Большое значение на состояние поливных участков и урожайность сельскохозяйственных культур имеют водно-физические показатели свойств почвы, некоторые значения которых представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Основные водно-физические свойства почв

Горизонт почвы	Плотн. сложения твердой фазы, т/м ³	Плотность, т/м ³	Общая скважность, % от объема почвы	Капиллярная влагоемкость, % от массы почвы	Наименьшая влагоемкость, %	
					от массы сухой почвы	от объема почвы
0–10	1,16	2,61	55,20	36,90	30,8	36,1
10–20	1,17	2,60	55,40	30,40	30,4	35,9
20–30	1,26	2,62	52,40	29,80	29,8	37,0
30–40	1,32	2,63	50,90	29,20	29,2	38,8
40–50	1,35	2,68	50,80	28,50	28,5	37,6
50–60	1,39	2,72	49,20	27,50	27,5	38,5
60–70	1,40	2,71	48,10	26,20	26,2	37,2
70–80	1,39	2,70	48,00	26,10	26,1	37,1
80–90	1,41	2,71	47,70	26,10	26,1	38,0
90–100	1,40	2,69	47,20	25,30	25,3	37,8
0–100	1,37	2,71	47,57	25,60	25,6	38,7

Повышенного эффекта можно достичь при уменьшении потерь воды на впитывание и сброс. В каждом производственном предприятии, в котором применяется способ полива по бороздам, необходимо принимать обоснованный выбор его различных схем.

Большое значение для эффективности процесса полива по бороздам имеют метеорологические условия данной территории. Знание этих условий поможет правильно вести учет ресурсов влаги при соблюдении климатических условий в целом, что скажется на увеличении урожайности сельскохозяйственной продукции. Вегетационный периода колеблется от 200 до 220 дней.

Испаряемость влаги при высокой температуре окружающей среды намного выше объёма выпадающих осадков, поэтому необходимо в летний период наблюдать за значением влажности почвы. Поливные борозды были при исследовании процесса полива нарезаны с использованием орудия КОН-2,8. Такие борозды принято называть мелкими – проточными. Уклон борозд, который определялся методом нивелирования, составил 0,001.

В **задачи исследований** входило следующее:

- определить водно-физические показатели грунтов, слагающих ложе борозд для полива;
- изучить процесс впитывания поливной воды при использовании для изоляции дна борозды плёночного перфорированного покрытия;
- установить закономерности влияния влажности грунта дна поливочной борозды при использовании

перфорированного покрытия на динамику процесса впитывания воды и определения контуров увлажнения;

– испытать технологию применения плёночного покрытия;

– сделать сравнительную оценку непроизводительных потерь воды на впитывание в грунт с плёночным покрытием и без него.

Методика и условия проведения исследований. Для этих исследований были изготовлены проточные борозды, глубина которых составляла 0,19 м, ширина – 0,25 м со средним расстоянием между их осями – 0,60 м.

Борозды были выполнены треугольного сечения с углом заложения откосов 1:1 и уклоном, равным 0,001. Для обеспечения возможности сравнить результаты исследований одна борозда была без покрытия дна, а в другой на дно укладывалось плёночное перфорированное покрытие. Уровень воды устанавливался в размере 0,15 м. Перфорация покрытия, которая определялась в лабораторных исследованиях, составляла $\Pi = 1,0\%$, а глубина залегания грунтовых вод на опытном участке составляла 2,5–3,0 м.

Отбор образцов почвы производился буром в четырёхкратной повторности на расстоянии 0,10–0,20 м друг от друга по длине опытного участка поливочной борозды.

Результаты исследований и их анализ. В таблице 5 на основании проведённых измерений показаны средние значения величин показателей, характеризующих водно-физические свойства почв.

Таблица 5 – Основные водно-физические свойства почв

Горизонты взятия проб, см	Полевая (наименьшая) влагоемкость, %		Плотность, г/см ³	Объемная масса, г/см ³
	от массы почвы	от скважности		
0–10	32,51	75,00	2,51	1,12
10–20	25,65	68,75	2,59	1,20
20–30	24,59	72,92	2,49	1,24
30–40	23,18	77,90	2,51	1,30
40–50	22,25	80,90	2,55	1,40
50–60	32,51	74,50	2,58	1,45
60–70	27,20	77,40	2,68	1,46
70–80	24,20	77,35	2,81	1,44
80–90	26,25	72,62	2,63	1,39
90–100	25,31	73,50	2,70	1,42
0–100	27,50	74,90	2,68	1,40

Анализируя результаты определения механического состава почвогрунта в исследуемых бороздах, можно сделать вывод, что по механическому составу грунт на исследуемых участках практически является однородным: песок с размером фракций 0,25–1,0 мм практически отсутствует, а его общее количество 40,15%. Содержание глины по исследованиям Н.А. Качинского составляет 59,85%. Отбор и анализ образцов проводили в трехкратной повторности.

Исследования механического состава проб почвы были проведены в лаборатории почвоведения института.

Полевые исследования нами были проведены на двух пятиметровых участках поливочной борозды.

С целью обеспечения перекрытия борозд нами были применены металлические перемычки. В начале исследований была определена влажность почвы на различных участках борозд в соответствии с известной методикой (таблица 6).

Таблица 6 – Влажность грунта на различных участках борозд

№ стаканчи-ка	Глубина взятия образцов, см	Вес стаканчика (с крышкой), г			Масса поте-рянной воды, г	Масса сухой почвы, г	Влажность почвы от веса сухой, %	Средняя влажность в активном слое, %
		пустого	с влажной почвой	с сухой почвой				
1	2	3	4	5	6	7	8	9
I. По дну. Борозда без покрытия								
136	0–10	21,21	122,87	95,31	27,56	74,09	27,19	27,6
63513	0–10	28,69	119,53	94,0	25,53	65,31	29,09	
31822	10–20	27,79	129,93	111,6	18,33	83,81	28,8	
13891	20–30	29,12	139,99	117,5	22,49	88,31	26,40	
465	30–40	27,67	146,20	121,22	24,98	93,55	26,70	
II. Борозда с пленочным покрытием								
257	0–10	19,89	118,76	92,19	26,57	72,30	36,70	37,01
241	0–10	19,31	130,29	99,52	30,77	80,21	38,36	
35521	10–20	27,70	133,99	113,22	20,00	105,52	38,95	
194	20–30	22,00	121,99	82,63	39,36	60,60	36,40	
322	30–40	28,82	138,29	116,69	21,60	87,87	34,60	
III. На откосах без пленочного покрытия (среднее значение)								
60395	0–10	29,09	128,36	113,4	14,96	84,31	17,70	21,21
72721	10–20	29,55	130,61	115,0	15,61	85,45	18,26	
П57074	20–30	27,10	109,45	89,20	20,25	62,10	32,60	
3080	30–40	27,90	132,24	117,6	14,64	89,70	16,30	
1 опыт На поверхности откосов в 3-х точках вдоль опытного участка под пленкой								
175 среднее	На поверхности откосов	23,22	111,29	89,40	21,89	66,18	33,00	32,7
209	0–10	25,40	112,31	91,35	20,96	65,95	31,78	
218	10–20	20,89	113,3	92,41	20,89	71,50	29,20	
2 опыт На поверхности откосов в 3-х точках вдоль опытного участка под пленкой								
367	20–30	19,60	125,24	96,7	28,50	77,10	36,91	36,6
388	30–40	20,09	124,35	94,5	29,85	74,41	40,11	
369	40–50	25,53	113,25	21,1	21,85	66,75	32,80	

Известно, что при поливах по бороздам вначале происходит процесс впитывания.

В случае, если почва не насыщена водой, будет иметь место зависимость скорости впитывания от глубины и продолжительности промачивания. Для этого воспользуемся формулой А.Н. Костякова [1]:

$$\omega = \frac{K_i}{t^a},$$

где ω – скорость поглощения воды почвой в данный момент, м/ч;

K_i – скорость поглощения воды почвой в конце i -ой единицы времени, м/ч;

t – время от начала впитывания, с;

a – показатель степени, характеризующий динамику поглощения воды почвой.

Процесс впитывания поливочной жидкости почвой подразделяется на две фазы. При наполнении водой специально отгороженного в борозде отсека [8, 9, 10] происходит интенсивное впитывание, так как поры не заполнены (первая фаза). По мере заполнения его водой интенсивность впитывания постепенно снижается до установившегося значения. Вторую фазу можно представить как процесс впитывания в изолированных отсеках. Поэтому данные исследования процесса впитывания поливочной жидкости почвой в изолированных отсеках необходимо проводить, в соответствии с вышеизложенным, в два этапа. Немаловажное значение на процесс оказывает предшествующая влажность почвы в бороздах в связи с тем, что с её повышением скорость впитывания поливочной жидкости снижается.

Отбор образцов почв производился буром по длине борозд. Между циклами полива производили отбор образцов, а записи вели в специальном журнале для определения влажности почвы. Опыты проводили в четырехкратной повторности. Грунт помещался в специальные алюминиевые стаканчики, взвешивание которых производили в почвенной лаборатории РосНИИПМ г. Новочеркасска Ростовской области с точностью $\pm 0,01$ г. В дальнейшем стаканчики с содержащейся в них почвой помещались в сушильный шкаф, где они при температуре 100–105 °С находились до установившегося (постоянного) значения массы брутто сухого грунта. Во время процесса сушки стаканчики, с надетыми на дно их крышками, были открыты. После окончания процесса сушки почвы стаканчики охлаждались с последующим взвешиванием.

Выводы

1. Предложена методика определения запасов влаги в почве опытных участков борозд, предназначенных для полива орошаемых земель. Установлено, что для имеющих перфорированное пленочное покрытие дна борозд в корнеобитаемом горизонте влажность почвы увеличивается более чем на 40%.

2. Представлены результаты исследования влияния перфорированного пленочного покрытия борозд на процесс впитывания влаги в почву опытных участков. Установлены закономерности расхода на

впитывание в почву оросительной воды в зависимости от влажности грунтов.

Литература

1. Костяков, А.Н. Основы мелиораций / А.Н. Костяков. – М.: Сельхозиздат, 1960. – 621 с.
2. Профилирование и укатка русел каналов с противодиффузионным покрытием: монография / А.Ф. Апальков, В.В. Великородный, С.А. Апальков, А.Г. Кондратьев, С.А. Тарасьянц. – Новочеркасск: НГМА, 2008. – 91 с.
3. Апальков, А.Ф. Обоснование рабочего органа скребкового типа планировщика берм каналов / А.Ф. Апальков, С.А. Апальков, Н.П. Погорелов. – Ростов-на-Дону: Интерагромаш, ДГТУ, 2017. – 12 с.
4. Апальков, А.Ф. Теория водопроницаемости пленочного перфорированного покрытия борозды при поверхностных способах полива / А.Ф. Апальков, С.А. Апальков, Н.П. Погорелов // Инновационные технологии в науке и образовании ИТНО – 2016: сб. науч. трудов науч.-метод. конф., посвящ. 85-летию ДГТУ (г. Ростов-на-Дону – п. Дивноморское 11–17 сентября 2016). – Ростов-на-Дону, 2016. – С. 484–487.
5. Кауричев, И.С. Практикум по почвоведению / И.С. Кауричев. – М.: Колос, 1980. – С. 71–82.
6. Штоколов, Д.А. Методики по определению скорости впитывания воды в почву, параметров поверхностных способов полива, объемной массы и наименьшей влагоемкости почвы, отбора почвенных образцов на анализ / Д.А. Штоколов, Н.С. Скуратов. – Новочеркасск: ЮЖНИИГиМ, 1985. – 58 с.
7. Аверьянов, С.Ф. Вопросы установления величин фильтрационных потерь в системе оросительных каналов (подпертая фильтрация) / С.Ф. Аверьянов // Гидротехника и мелиорация. – 1950. – № 10. – С. 31–40.
8. Kemper, W.D. Furrow intake rates and water management / W.D. Kemper, B.I. Ruffing, I.A. Bondurant // Trans ASAE. St. Josep, Mich, 1982. – Vol. 25. – № 2. – P. 333–339.
9. Carrier, G.F. On the diffusion of tides into permeable rock / G.F. Carrier, W.H. Munk // Proc. Simpos. Appl Math. – 1954. – V. 5. – P. 89–95.
10. Richards, L.A. Capillary conduction of liquids through porous mediums / L.A. Richards // Physics. – 1931. – V. 1. – № 5. – P. 316–321.
11. Montaghimu, S. Pulsed trickling effects on soil moisture distribution / S. Montaghimu, J. Mitchell // Water Resources Bulletin. – 1983. – 19. – 4. – P. 605–612.
12. Van Zyi J.L. Influence de l'irrigation sur la croissance et la qualité des vignes et raisins de Colombar / J.L. Van Zyi // Bull. O. L. – 1985. – V. 58. – 648/649. – P. 173–188.

References

1. Kostyakov A.N. Osnovy melioracij [Basics of reclamation], M., Sel'hozizdat, 1960, 621 p. (In Russian)
2. Apal'kov A.F., Velikorodnyj V.V., Apal'kov S.A., Kondrat'ev A.G., Taras'yanc S.A. Profilirovanie i ukatka rusel kanalov s protivodifuzionnym pokrytiem: monografiya [Profiling and smoothing of water courses with impervious coverage: monograph], Novocherkassk, NGMA, 2008, 91 p. (In Russian)
3. Apal'kov A.F., Apal'kov S.A., Pogorelov N.P. Obosnovanie rabocheho organa skrebkovogo tipa planirovshchika berm kanalov [Justification of the scraper type working body of berm channels planner], Rostov-on-Don, Interagromash, DGTU, 2017, 12 p. (In Russian)
4. Apal'kov A.F., Apal'kov S.A., Pogorelov N.P. Teoriya vodopronicaemosti plenochного perforirovannogo pokrytiya

borozdy pri poverhnostnykh sposobakh poliva [The theory of permeability of perforated film coating furrows in surface irrigation methods], *Innovacionnye tekhnologii v nauke i obrazovanii ITNO* 2016: sb. nauch. trudov nauch.-metod. konf., posvyashch. 85-letiyu DGTU (g. Rostov-on-Don – p. Divnomorskoe 11–17 sentyabrya 2016). – Rostov-on-Don, 2016, pp. 484–487. (In Russian)

5. Kaurichev I.S. Praktikum po pochvovedeniyu [Practice exercises in soil science], M., Kolos, 1980, pp. 71–82. (In Russian)

6. Shtokolov D.A., Skuratov N.S. Metodiki po opredele-niyu skorosti vpytyvaniya vody v pochvu, parametrov poverhnostnykh sposobov poliva, ob'emnoj massy i naimen'shej vlogoem-kosti pochvy, otbora pochvennykh obrazcov na analiz [Procedure for determining the speed of water absorption into the soil, the parameters of surface irrigation methods, volume mass and the lowest soil moisture capacity, soil sampling for analysis], *Novocherkassk, YuzhNIGiM*, 1985, 58 p. (In Russian)

7. Aver'yanov S.F. Voprosy ustanovleniya velichin fil'tracionnykh poter' v sisteme orositel'nykh kanalov (podpertaya fil'traciya) [The determining issues of seepage losses quantities from irrigation canals (backed filtering)], *Gidrotekhnika i melioraciya*, 1950, No 10, pp. 31–40. (In Russian)

8. Kemper W.D., Ruffing B.I., Bondurant I.A. Furrow intake rates and water management, *Trans ASAE*, St. Josep, Mich, 1982, vol. 25, № 2, p. 333–339.

9. Carrier G.F., Munk W.H. On the diffusion of tides into permeable rock, *Proc. Simpos. Appl Math*, 1954, V. 5, p. 89–95.

10. Richards L.A. Capillary conduction of liquids through porous mediums, *Physics*, 1931, v. 1, No 5, p. 316–321.

11. Montaghimu S., Mitchell J. Pulsed trickling effects on soil moisture distribution, *Water Resources Bulletin*, 1983, 19. 4, pp. 605–612.

12. Van Zyi J. L. Influence de l'irrigation sur la croissance et la qualité des vignes et raisins de Colombar, *Bull. O. L.*, 1985, V. 58, 648/649, pp. 173–188.

Сведения об авторах

Апальков Александр Федосеевич – кандидат технических наук, профессор кафедры «Эксплуатация транспортных систем и логистика», ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет» (Ростов-на-Дону, Российская Федерация). Тел.: +7-904-343-49-61. E-mail: apalkov.ngma@bk.ru.

Апальков Сергей Александрович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Сервис транспортных и технологических машин», Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт – филиал ФГБОУ ВО «Донской государственный аграрный университет» (Новочеркасск, Российская Федерация). Тел.: +7-928-628-86-22. E-mail: apalkov.ngma@bk.ru.

Погорелов Николай Петрович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Электротехника и электроника», ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет» (Ростов-на-Дону, Российская Федерация). Тел.: +7-918-586-52-19. E-mail: pony.47@mail.ru.

Information about the authors

Apalkov Alexander Fedoseevich – Candidate of Technical Sciences, professor of the Operation of transport systems and logistics department, FSBEI HE «Don State Technical University» (Rostov-on-don, Russian Federation). Phone: +7-904-343-49-61. E-mail: apalkov.ngma@bk.ru.

Apalkov Sergey Aleksandrovich – Candidate of Technical Sciences, associate professor of the Service of transport and technological machines department, Novocherkassk Engineering and Land Reclamation Institute – branch of FSBEI HE «Don State Agrarian University» (Novocherkassk, Russian Federation). Phone: +7-928-628-86-22. E-mail: apalkov.ngma@bk.ru.

Pogorelov Nikolay Petrovich – Candidate of Technical Sciences, associate professor of the Electrical engineering and electronics department, FSBEI HE «Don State Technical University» (Rostov-on-Don, Russian Federation). Phone: +7-918-586-52-19. E-mail: pony.47@mail.ru.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 631.316.728

АЛГОРИТМЫ КОНТРОЛЯ НАПРЯЖЕНИЯ И ТОКА В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ, ПИТАЮЩИХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

© 2019 г. В.А. Шелест, Н.И. Цыгулев, А.П. Синегубов, Л.В. Бабина

В настоящее время значительно возросли требования к надежности электроснабжения, энергоэффективности и энергосбережения, что в свою очередь сейчас является одним из важнейших направлений в развитии электрических сетей. Согласно Энергетической стратегии России на период до 2030 года важнейшей задачей является реформирование электрических сетей путем перевода всей информации в цифровой код, то есть всеобщая цифровизация сетей. Значительная часть работы интеллектуальных систем связана с получением и обработкой различной информации. В распределительных электрических сетях, питающих сельскохозяйственных потребителей, выполняется контроль режимов работы электрооборудования путем оценки электрических величин – напряжение, ток, мощность и частота. Наиболее востребованной информацией являются уровни электрических напряжений и токов. Соответственно, информация о напряжениях и токах в распределительных электрических сетях, питающих сельскохозяйственных потребителей, также должна быть представлена в цифровом коде. В настоящее время в энергетике существуют разработанные на базе микроконтроллеров измерительные преобразователи, которые преобразуют аналоговую информацию в цифровую. В статье обоснована необходимость создания простых алгоритмов контроля напряжений и токов для встраиваемых устройств систем управления в распределительных электрических сетях, питающих сельскохозяйственных потребителей. Предложенные алгоритмы обеспечивают допустимую погрешность измерения