



ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

*Веселова Наталья Михайловна,
ФГБОУ ВО "Волгоградский государственный
аграрный университет", г. Волгоград
E-mail: nata.vesna1971.@mail.ru*

*Меликов Алексей Владимирович,
ФГБОУ ВО "Волгоградский государственный
аграрный университет", г. Волгоград
E-mail: alexeyv.melikov@yandex.ru*

Аннотация. Рассмотрена существующая система орошения в УНПЦ «Горная поляна» и выявлены ее недостатки. Проанализированы климатические условия, в которых была выращена люцерна в Волгоградской области, и определена поливная норма. Выбрана дождевальная машина, обеспечивающая поливную норму. Проанализированы способы электропитания блока управления дождевальной машины, поливающей исследуемый орошаемый участок «Горной поляны». Предложена энергосберегающая технология в виде накопительных солнечных батарей для электропитания блока управления дождевальной машины.

Ключевые слова: оросительные системы Волгоградской области, системы управления дождевальных машин, солнечный энергетический потенциал Волгоградской области, солнечные электрические преобразователи, системы солнечного электроснабжения.

В засушливой пустынно-степной зоне Волгоградской области с существующим дефицитом атмосферных осадков орошение является действующим фактором на повышение продуктивности земель и увеличение урожайности полевых культур. Резкое повышение цен на энергоносители, высокая энергоемкость дождевальных машин, энергетические потери при транспортировке воды, малая управляемость режимами дождевания все это создает предпосылки для разработки способа повышения энергоэффективности оросительных систем.

Исследование проводилось на примере системы орошения УНПЦ «Горная поляна» Волгоградского ГАУ. Согласно плану размещения культур в 2015 г. на

УНИКАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ XXI ВЕКА

участках УНПЦ «Горная поляна» выращивались следующие культуры: эспарцет – 65 га; картофель – 80 га; люцерна – 30 га; суданская трава – 42 га. Погодные условия во время проведения исследований оценивались по гидротермическому коэффициенту Г.Т. Селянинова[1]. Данные получены на гидрометеостанции г. Волгограда [Координаты метеорологической/погодной станции: 48°40'25"N 44°26'18"E], расположенной в районе Волгоградского ГАУ, и представлены в таблице 1.

Таблица 1

Характеристика метеоусловий в 2015г.

Месяцы	Декады	Суммаосадко в,мм	Сумматемпе ратур,°С	ГТК	Оценка погоды
1	2	3	4	5	6
Май	I	0	138	0	Острозасушливый период
	II	0	137	0	
	III	0	241	0	
	За месяц	0	516	0	
Июнь	I	0	208	0	Острозасушливый период
	II	0	234	0	
	III	0	254	0	
	За месяц	0	696	0	
Июль	I	0	250	0	Острозасушливый период
	II	0	207	0	
	III	0	290	0	
	За месяц	0	747	0	
Август	I	0	251	0	Острозасушливый период
	II	0	238	0	
	III	0	224	0	
	За месяц	0	713	0	
Сентябрь	I	0	222	0	Острозасушливый период
	II	0	171	0	
	За месяц	0	393	0	
За весь период		0	3065	0	Острозасушливый период

УНИКАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ XXI ВЕКА

Из табл. 1 видно, что соотношение суммы выпавших осадков к сумме среднесуточных температур воздуха равно нулю, что по гидротермическому коэффициенту обосновывается следующим образом: исследование проводилось в острозасушливый период. Бесспорно, в это время года остро выражена необходимость в поливе исследуемого участка, осуществляющемся с помощью дождевальной машины (ДМ) Фрегат, которые относятся к машинам с радиальным способом перемещения.

В качестве исследуемого рассматривался орошаемый участок люцерны общей площадью $S=30$ га. Люцерна на формирование мощной корневой системы и надземной массы расходует большое количество воды (транспирационный коэффициент в среднем составляет 700-800 единиц) [2]. При урожае сена 150-200 ц/га за четыре-пять укосов суммарный расход воды достигает 7000-8000 м³/га. Неодинаковое потребление воды объясняется зависимостью от фазы развития: в южных и юго-восточных районах среднесуточный расход влаги люцерной составляет: в период отрастания – 25 м³/га, в фазу бутонизации – 45, цветения – 58, налива и созревания семян – 31 м³/га. Следовательно, режим орошения люцерны должен быть гибким и способным обеспечить растения влагой во все периоды роста и развития культуры.

Для расчета орошения рассматривались климатические данные, приведенные в табл. 2.

Таблица 2

Климатические данные орошения 2015 г. [3,4]

Величина	май			июнь			июль			август			сентябрь	
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
Атмосферные осадки, мм	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Среднесуточная температура воздуха, °С	13,8	13,7	21,9	20,8	23,4	25,4	25,0	20,7	26,4	25,1	23,8	20,4	22,2	17,1
Относительная влажность воздуха, %	77,4	62,6	42,0	48,2	30,5	55,4	41,8	52,4	36,4	34,3	39,8	34,2	48,8	48,4
Средняя скорость ветра, м/с	3,7	5,6	4,9	4,2	4,3	4,5	4,1	4,4	4,5	4,6	4,0	4,2	4,0	3,8
Дефицит влажности воздуха d , мб	36	59	168	127	200	145	185	116	241	192	178	174	137	100

УНИКАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ XXI ВЕКА

Оросительная норма определялась по дефициту водопотребления (табл. 3).

Таблица 3

Расчет дефицита водопотребления оросительной нормы

Эл-т расче та	май			июнь			июль			август			сентябрь	
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
$R_{пр}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
b	1,22	1,25	1,29	1,31	1,32	1,32	1,31	1,29	1,27	1,23	1,2	1,15	1,11	1,06
Σt	168,4	171,3	310,8	272	309	335	328	267	369	309	286	258	246	181
$\Sigma t_{пр}$	244,4	416	726	999	1308	1643	1971	2238	2606	2915				3096
K_b	0,75	0,83	1,12	0,71	0,8	1,12	0,8	1	0,71	1				1
E	23	42	160	77	136	138	126	99	145	163				85
ΔE	23	42	160	77	136	138	126	99	145	163				85
$\Delta E_{ни}$	23	65	225	301	437	575	701	800	945	1108				1193
$E_{нор}$	230	646	2245	3012	4372	5752	7010	7996	9450	11082				11932

Примечание. Принят ые обозначения в т аблице:

$R_{пр}$ – количество используемых осадков, мм;

b – поправка к световому дню;

Σt – сумма среднесуточных температур с поправкой к 12 часовой продолжительности дня;

$\Sigma t_{пр}$ – сумма температур за период водопотребления;

E – расход влаги по декадам с поправкой на климатический коэффициент K_b и на влагообмен γ , мм;

$\Delta E = (R_{пр} - d)$ – дефицит водного баланса, мм;

$\Delta E_{ни}$ – дефицит водного баланса по нарастающим итогам, мм;

$E_{нор}$ – суммарная оросительная норма, м³/га.

На рис. 1 представлен график дефицитов водопотребления.

Из табл. 3 видно, что поливная норма для люцерны в конкретных метеорологических условиях составила 11950 м³/га в год. Это значит, что машина «Фрегат» ДМУ-283-45 может обеспечить поливную норму.

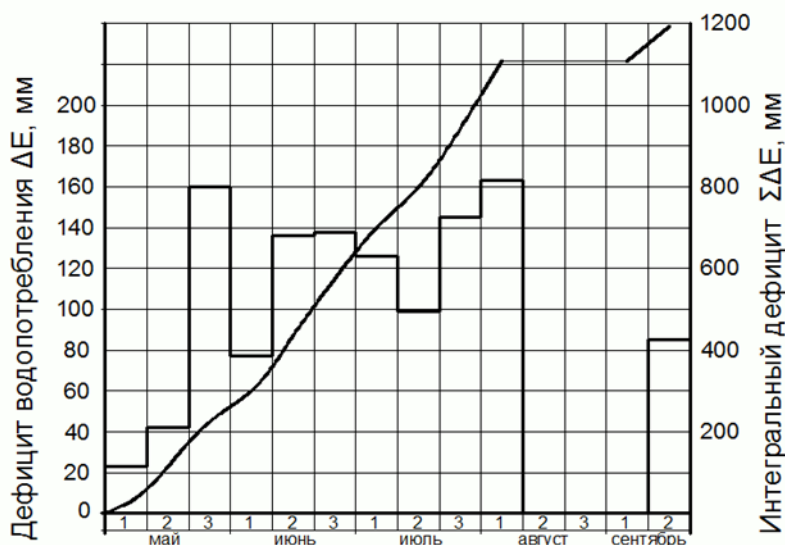


Рис. 1 Дефициты водопотребления ΔЕ орошаемой культуры в 2015 г.

На УМПЦ «Горная поляна» применяется закрытая оросительная сеть. Трубопроводы сети диаметром до 550 мм проложены под землей на глубине 2–2,5 м. Общая протяженность сети до рассматриваемого орошаемого участка составляет 4,1 км. Схема оросительной сети [5] показана на рис. 2.

Суммарные гидравлические потери напора от насосной станции до рассматриваемого орошаемого участка составляют 7,5 м вод. ст., что составляет 8,9 % потерь энергии от общего числа израсходованного насосом, расход энергии на создание машиной дождевания составляет 60,7 % от общего, остальные 30,4 % теряются в арматуре дождевальных машин и насосной станции. Таким образом, в существующей системе орошения в УНПЦ «Горная поляна» были выявлены следующие недостатки:

- большой процент неотслеживаемых утечек воды и завышенные гидравлические потери;
- используемые гидравлические машины энергоемки и мало автоматизированы.

Для оптимизации полива и энергоэффективности работы необходимо, чтобы гидравлическая низконапорная машина «Фрегат» могла работать в автоматическом режиме и дистанционно управлялась с диспетчерского пункта. В первую очередь, это касается систем электрической и гидравлической защиты, стоп-устройства и крана-регулятора – действий, не требующих участия человека при запуске машины на полив [6]. Затем модернизируется и гидравлическая система защиты – подачи воды осуществляется не с консольной части

водопроводящего трубопровода машины, а из неподвижного трубопровода до входа запорной задвижки.

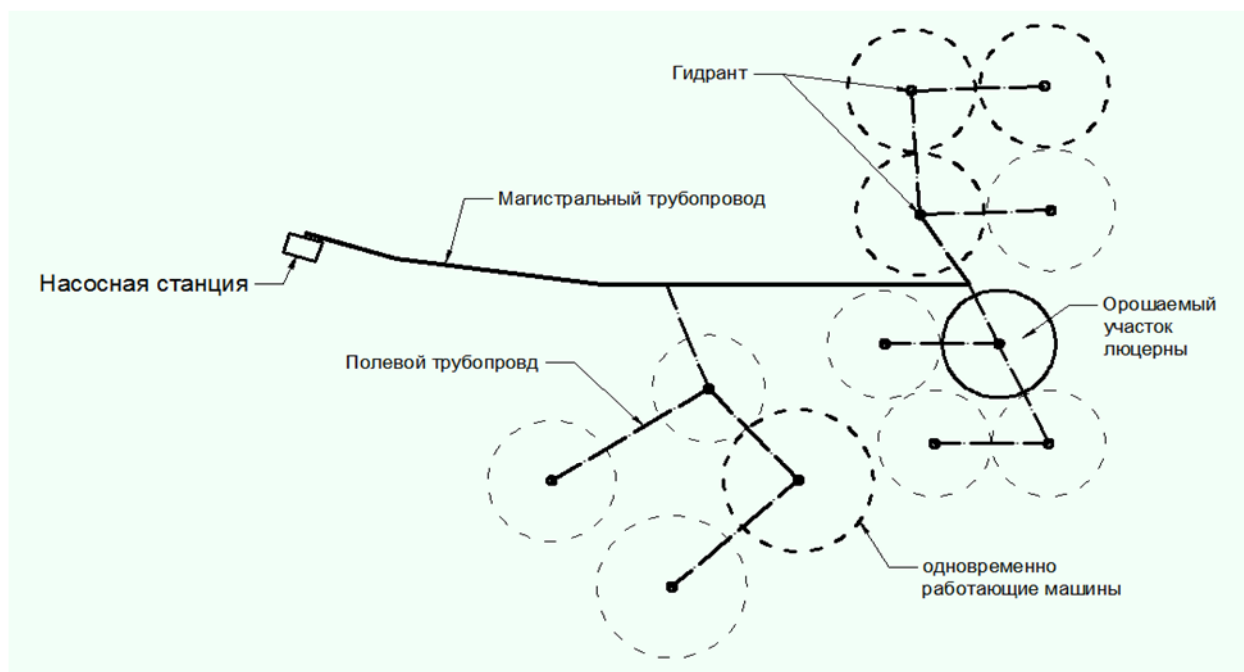


Рис. 2 Схема оросительной сети УМПЦ «Горная поляна» [НИР «Энергосберегающие технологии оросительных систем УНПЦ «Горная поляна» ФГБОУ ВО Волгоградского ГАУ, 2015 г.]

Общепринятым является использование дизельгенератора для электропитания блока управления ДМ (рис. 3), дополнительно устанавливая насос расходующий воду из открытого оросительного канала.

Для обеспечения пульта управления электроэнергией использовались преобразователи солнечной энергии. Работа ДМ была переведена на пониженное давление – 35 м вод. ст. Движение опорных тележек осуществлялось от мотора редукторов мощностью 0,75 кВт. Результаты проведенного опыта использования автоматики и телемеханики при управлении ДМ показали, что всего 0,4 кВт расходовались на шкафы управления. Общее время работы поливной системы составило 2112 ч.

В ходе исследования рассматривалось два варианта электрообеспечения ДМ:

- электропитание пульта управления и моторов редукторов от солнечных фотоэлектрических батарей, общая мощность системы управления ДМ – 3,84 кВт;
- электропитание от дизель-генератора с дополнительно устанавливаемым

насосом, общая мощность – 48 кВт.

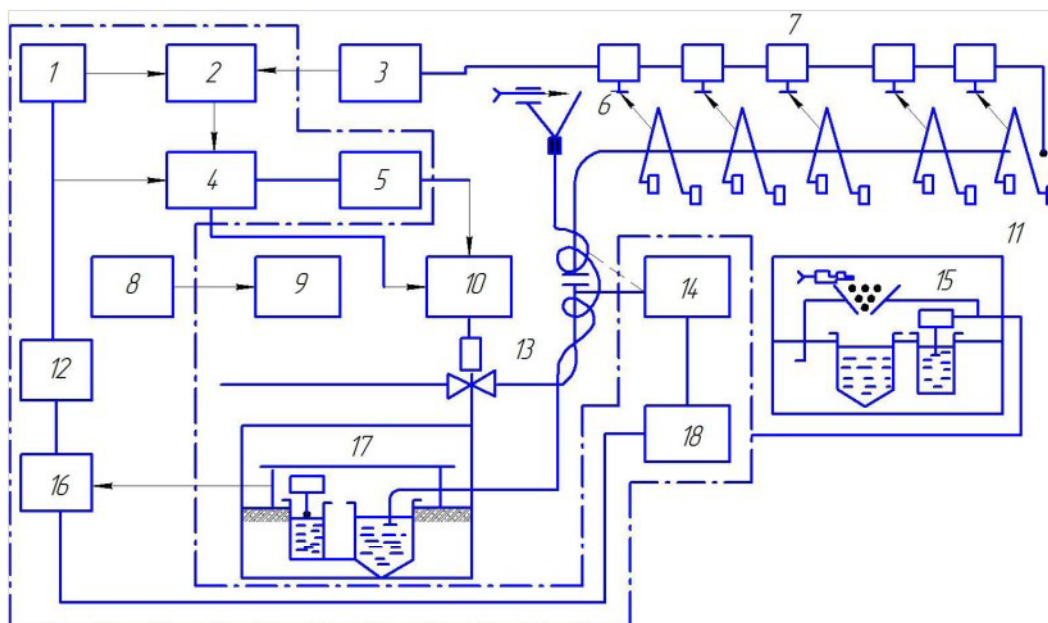


Рис. 3 Функциональная схема ЛСАУ

[Локальная система автоматизированного управления] ДМ «Фрегат»:

1 – реле времени; 2, 18 – логические схемы «ИЛИ»; 3, 9 – датчики давления (ЭКМ); 4, 16 – логические схемы «И»; 5 – тумблер для включения клапана; 6 – приемное устройство дождемера; 7 – гидрозащита; 8 – источник питания; 10 – клапан электрогидравлический КЗГ-16Д; 11 – ДМ «Фрегат»; 12 – усилитель; 13 – задвижка; 14 – датчик положения машины; 15 – испаромер; 17 – дождемер

Координаты расположения рассматриваемого орошаемого участка $48^{\circ} 32'42''$ с.ш., $44^{\circ}10'51''$ в.д., высота над уровнем моря 134 м. Расчет солнечного потенциала проводился по методике В.В. Елистратова[7]. В качестве исходной информации использовались данные NASA[8]. Для сравнительного анализа результатов расчета солнечного потенциала применялась и другая методика, разработанная группой ученых под руководством В.И. Виссарионова [9]. Полученные результаты расчета представлены в табл. 4. Для их наглядного сравнения построен график, представленный на рис. 4.

Таблица 4

Поступление солнечного излучения на ориентированные на юг $\psi z = 0^\circ$ поверхности, расположенные под углом $\alpha = 45^\circ$

Показатель	Суточная инсоляция на наклонную поверхность, кВт/м ² /день					Среднее значение
	Месяц года					
	май	июнь	июль	август	сентябрь	
1 метод (по В.В. Елистратову)						
E_{np}	5,24	5,67	5,13	4,21	3,89	5,83
$E_{рас}$	1,18	1,19	1,19	1,17	1,14	
E	6,43	6,86	6,31	5,38	4,15	
2 метод (по В.И. Виссарионову)						
$E_{np}(\alpha = 0)$	5,62	5,82	5,86	5,21	3,82	5,8
$K_{об}$	0,7	0,68	0,65	0,67	0,7	
R_n	0,95	0,76	0,76	1,05	1,26	
R	1,12	1,15	1,07	1,03	1,14	
E	6,29	6,69	6,27	5,37	4,35	

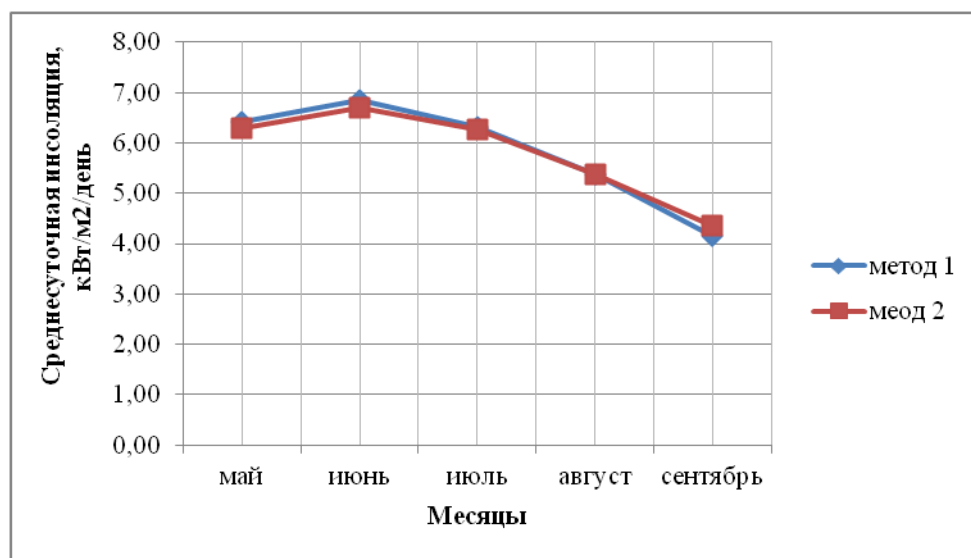


Рис. 4 Суточная инсоляция на наклонную поверхность

УНИКАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ XXI ВЕКА

Из табл. 4 видно, что оба метода дают удовлетворительный результат: среднее количество пико-часов солнечной инсоляции – 5,8. На рис. 4 график «метода 1» практически дублирует аналогичные результаты, полученные по «методу 2»; наибольшее расхождение между графиками составило 4,9 %.

Следующей задачей для достижения цели исследования являлся расчет автономного электроснабжения ДМ. В табл. 5 представлено энергетическое оборудование, необходимое для выполнения соответствующего расчета.

Таблица 5

Энергетическое оборудование для автономного электрообеспечения
дождевальнoй машины

№ п/ п	Наименование оборудования	Количество, шт.	Стоимость, руб.
<i>Первый вариант</i>			
1	Шкаф управления ДМ	1	24700
2	ФЭ модуль ФСМ-320(24)	12	279480
3	АКБ Sonnenschein A600	8	569536
4	КонтроллерзарядаЕСО·Энергия MPPT·PRO·200/100	2	77800
5	ИнверторЭнергия МАП SINPRO 24-4,5	2	116800
6	Конструктивные элементы		37060
7	Строительно-монтажные работы		66700
Всего			1172076
<i>Второй вариант</i>			
1	Шкаф управления ДМ	1	27150
2	Насос фирмы GrundfosNB-100-200/192 45кВт	1	359624
3	Powerlink GMS60PX 48 кВт	1	693026
4	Конструктивные элементы		52770
5	Строительно-монтажные работы		73878
6	Расходы на топливо 21500 л/год		752500
Всего			1958948

Однако не стоит забывать, что у дизель генераторов есть один существенный недостаток – их автономность составляет 15 часов, далее двигатель начинает перегреваться, вследствие чего требуются временные остановки двигателя для его охлаждения или дополнительный расход воды.

В результате исследования заключается, что для электропитания блока управления ДМ целесообразнее использовать накопительные солнечные батареи вместо ЛЭП или дизель генератора.

Литература:

1. Метео энциклопедия [Электронный ресурс]. – 2015. – Режим доступа: <http://meteorologist.ru/meteorologicheskij-slovar/index.php>.
2. Орошение люцерны, нормы и сроки полива / Электрон. текстовые, граф.,зв. дан. и прикладная прогр. – 18.9.2015. – [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.aquaspray.ru/articles/oroshenie-lyutsernj-normj-i-sroki-poliva.html>.
3. Климат городов России. Осадки. Волгоградская область [Электронный ресурс]. – 2.10.2015. – Режим доступа: <http://www.atlas-volgogradskaya.ru>.
4. Погода и климат. Архив погоды. Волгоград / Электрон. текстовые, граф.,зв. дан. и прикладная прогр. – 2.10.2015. – [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://pogodaiklimat.ru>.
5. Сельскохозяйственный энциклопедический словарь [Электронный ресурс]. – 2015. – Режим доступа: http://agricultural_dictionary.academic.ru/3725.
6. Методические рекомендации по комплексным технологическим и техническим решениям, обеспечивающим снижение энергоемкости эксплуатации мелиоративных систем: научн. издание. – Коломна: ИП Воробьев О.М., 2015. – 164 с.
7. Елистратов, В.В. Солнечные энергоустановки. Оценка поступления солнечного излучения [текст]: учеб. пособие / В.В. Елистратов, Е.С. Аронова. – Спб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2012. – 164 с.
8. База данных NASA [Электронный ресурс]. – 7.10.2015. – Режим доступа: <https://eosweb.larc.nasa.gov/sse>.
9. Солнечная энергетика: учебное пособие для вузов / Под. общ. ред. В.И. Виссарионова. – М.: Издательский дом МЭИ, 2008. – 964 с.