

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНОГО ПОЛИВА ШИРОКОЗАХВАТНЫМИ ДОЖДЕВАЛЬНЫМИ МАШИНАМИ ДЛЯ ПОЧВ СЛАБОЙ ВОДОПРОНИЦАЕМОСТИ

ЖУРАВЛЕВА Лариса Анатольевна, Российский государственный аграрный университет-МСХА имени К.А. Тимирязева

В работе рассматриваются возможности дробной, дифференцированной выдачи поливных норм, режима работы и перемещения широкозахватных дождевальных машин кругового и фронтального действия. Необходимостью является обеспечение согласования выдаваемой машиной поливной нормы уровню влагозапасов участков поля для машин фронтального перемещения и секторов для машин кругового действия в течение всего времени полива, снижение экологической нагрузки на почву и сохранение плодородия.

Введение. Для большинства регионов РФ стабильность получения урожаев и развитие сельскохозяйственного производства в целом возможны только при дополнительном орошении к естественной влажности почвы.

В настоящее время в России общая площадь орошаемых земель составляет 4,28 млн га, из которых поливается 1,8 млн га. Основной техникой полива являются широкозахватные дождевальные машины. В настоящее время их около 13,5 тыс. ед. [2, 3].

Орошение дождеванием является провоцирующим фактором развития эрозионных процессов и деградации почв. Эрозионные процессы почв в Российской Федерации, несмотря на применяемые меры, остаются одними из главных источников потери плодородия почвы, а соответственно, и урожая. Активно идет процесс ухудшения состояния наиболее плодородных почв – черноземов. В настоящее время площадь черноземов составляет 120 млн га, т.е. 7 % от всего земельного фонда. Следует отметить, что на этой небольшой площади расположено почти 60 % всей пашни и производится порядка 80 % всей продукции растениеводства [4].

Ущерб, наносимый эрозией, в первую очередь заключается в смыве плодородного слоя почвы, в значительных потерях питательных элементов почвы, таких как фосфор, кальций, калий, магний, азот, т. е. элементов, которые преимущественно характеризуют плодородие почвы [6–10].

Недобор урожая на слабосмытых почвах может достигать 10–20 %, на среднесмытых – 40–60 %, а на сильносмытых – 80 % и более [4].

Например, на урожай зернобобовых культур смытость почв оказывает не столь значимое влияние (до 10 %), для кукурузы – до 60 %, а сахарной свеклы может достигать 80 % [4].

Технология полива, технологические приемы, режимы движения, обеспечивающие почвоцедящий, экологически безопасный, ресурсосберегающий процесс полива широкозахватными дождевальными машинами, требуют нового подхода и технологических решений.

Цель исследования – оптимизация режима работы, схем и технологических приемов полива широкозахватными дождевальными машинами для адаптации к меняющимся в течение сезона полива условиям, исключение переполива и водной эрозии почв.

Методика исследований. Рассмотрим работу машины при поливе с реверсивным движением. В этом случае не происходит возвращения дождевальной машины в исходную точку после прохождения полного поливного круга. Машина возвращается в исходную точку ф, двигаясь в обратном направлении. При таком поливе с той же нормой в начале первого сектора возврата возникает значительный сток и требуется корректировка.

Поскольку норму полива менять при движении непрерывно не представляется возможным, разобьем поливной круг на секторы. В заданных точках скорость машины будет изменяться, а следовательно, и выдаваемая норма полива.

Тогда значение нормы полива зависит от общего количества секторов и



номера сектора можно найти из выражения [1]:

$$M'_i = 2\pi \frac{1200Q_M}{l_{\text{СЕК}}v_{\text{CP}}(\phi)} \left[1 - \frac{1}{(1+10E\xi l_{\text{СЕК}})^{n+1-i}} \right], \quad (1)$$

где i – номер участка от начала отсчета при движении машины, $I = 1, 2, \dots, n$; Q_M – расход машины, л/с; $l_{\text{СЕК}}$ – длина дуги сектора, м; v_{CP} – средняя скорость движения дождевальной машины по последней тележке; E – суммарное водопотребление, мм; n – количество участков;

$$\xi = \frac{s}{432 \cdot 10^3 K_{\text{СУТ}} Q_M}, \quad (2)$$

где s – путь, проходящий последней тележкой; $K_{\text{СУТ}}$ – коэффициент времени.

Для обеспечения равномерности и качества полива до начала эксплуатации дождевальной машины должна быть составлена карта полива, где назначаются нормы полива по секторам, определяемые из выражения (1).

При прохождении заданных точек сектора информация от GLONASS/GPS-маячка и метеостанции, установленной около участка полива через GLONASS-спутник на GLONASS-приемник и далее на интеллектуальный модуль, подается команда начала полива орошаемого сектора с заданной скоростью движения машины.

Использование предлагаемой технологии обеспечивает также равномерность и качество полива при работе машины с реверсом и прохождении не полного круга, в том числе при поливных участках специфической формы или установленных на поливных участках препятствиях.

Для широкозахватных дождевальных машин фронтального действия.

Поливная норма $M_1(x)$ в точке начала движения из точки $x = 0$, м³/га [5]:

$$M_1(x) = \frac{600Q_M}{BV_{\text{cp}}(x)}, \quad (3)$$

где B – ширина захвата машины, м; v_{CP} – средняя скорость движения машины по последней тележке, м/ч.

Изменение влагозапасов в почве перед дождевальной машиной при движении в прямом направлении [5]:

$$f_1(x) = W_H - 10E \xi \int_0^x M_1(x) dx. \quad (4)$$

где W_H – начальные влагозапасы, м³/га.

Влагозапасы после прохода дождевальной машины в момент времени t :

$$W_1 = f_1(x) + M'_1(x); \quad (5)$$

$$M'_1(x) = \frac{600Q_M}{Bv_{\text{CP}}(x)} \left[1 - e^{10E\xi(x-l)} \right]. \quad (6)$$

Зададим влагозапасы в почве как функцию $f_2(x)$ при движении в реверсивно перед проходом машины. Тогда после прохода они будут выражаться следующим образом:

$$W_2 = f_2(x) + M'_2(x). \quad (7)$$

где l – длина участка полива, м.

$$M'_2(x) = \frac{600Q_M}{Bv_{\text{CP}}(x)} e^{10E\xi(x-l)}. \quad (8)$$

Выражение в общем виде для поливной нормы на i -м участке M_i :

$$M'_i = \frac{600Q_M}{Bv_{\text{CP}}(x)} \left[1 - \frac{1}{\left(1 + 10E\xi \frac{l}{n} \right)^{n+1-i}} \right], \quad (9)$$

где i – заданный номер участка от начала движения, $i = 1, 2, \dots, n$; n – количество участков.

Результаты исследований. Для дождевальных машин кругового действия рассмотрим на примере для следующих условий: поливная норма 300 м³/га; расход машины 41 л/с; длина машины – 300 м; коэффициент использования времени при работе машины – 0,8. Тогда поливная норма при делении на 4 сектора и 6 секторов, согласно выражению (1) представлена на рис. 1.

Таким образом, задавая путь движения машины, можно определить рациональное значение выдаваемой нормы при поливе в прямом направлении и реверсивно.

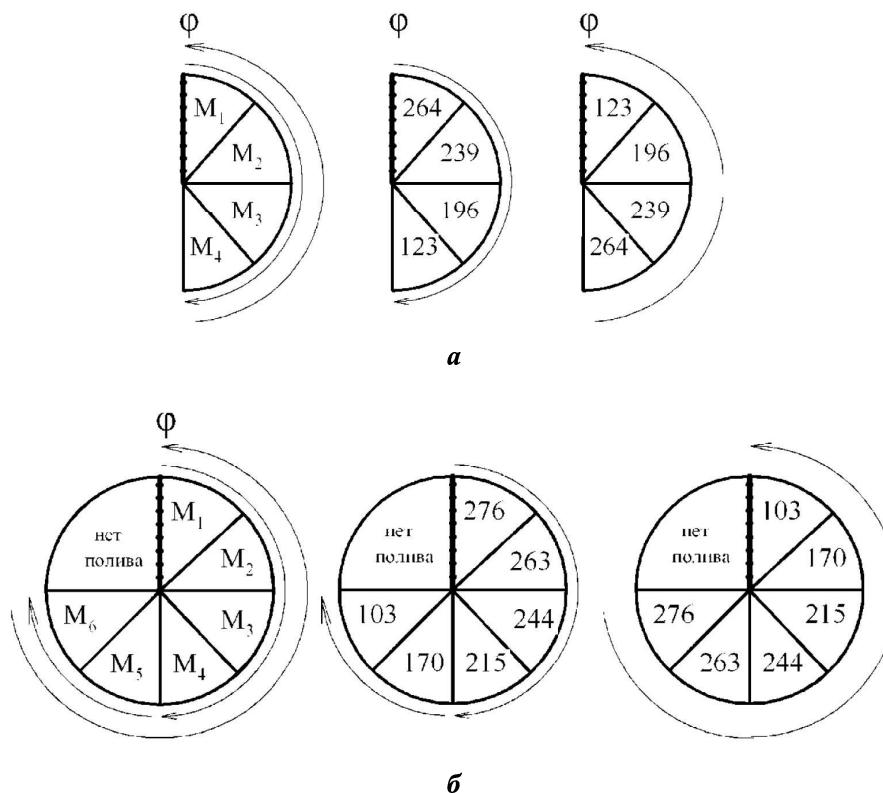
При отсутствии технических возможностей получения информации о состоянии почвы и данных метеостанции оптимальные технологии полива для почв низкой водопроницаемости можно свести к трем схемам:

выдача требуемой поливной нормы непосредственно, т.е. за 1 оборот;

выдача поливной нормы за 2 оборота равными частями;

при первом обороте норма составляет 2/3 от заданной.

При условии допустимой с точки зрения эрозии нормы полива более 300 м³/га, нормы до 400 м³/га можно вносить непосредственно, т.е. за один проход. Нормы полива 500–600 м³/га – за два оборота равными частями. Если эрозионно-допустимая норма



*Рис. 1. Схема деления поливного круга на участки-сектора:
а – поливная норма при делении на 4 сектора; б – на 6 секторов*

полива менее 250–300 м³/га, то для выдачи 400 м³/га допускается применять второй вариант, т.е. выдачу поливной нормы равными частями за два оборота. При значения нормы полива порядка 500 м³/га и выше – третий вариант.

Рассматривая движение машины фронтального действия, также можно выделить следующие схемы полива фронтальными ДМ: выдача поливной нормы за один проход; выдача поливной нормы за два прохода равными половинными нормами; выдача поливной нормы за два прохода с изменением скорости движения в середине поливного участка; выдача поливной нормы с изменением скорости движения на 1/3 и 2/3 поливных участках (рис. 2).

Рекомендуемые поливные нормы для схем 3 и 4 при больших нормах можно выдавать в соответствии с таблицей.

Заключение. Одним из основных критерии при выборе дождевальной техники, ее характеристик и технологии полива должно быть сохранение плодородия почв, уменьшение или исключение поверхностного стока, т.е. потеря оросительной воды.

Применяемые в настоящее время технологии полива широкозахватными дождевальными машинами как фронтального, так и кругового действия, имеют недостаток, связанный с тем, что полив заданной нормой с постоянной скоростью движения, не всегда соответствует значению необходимой влаги, что связано с

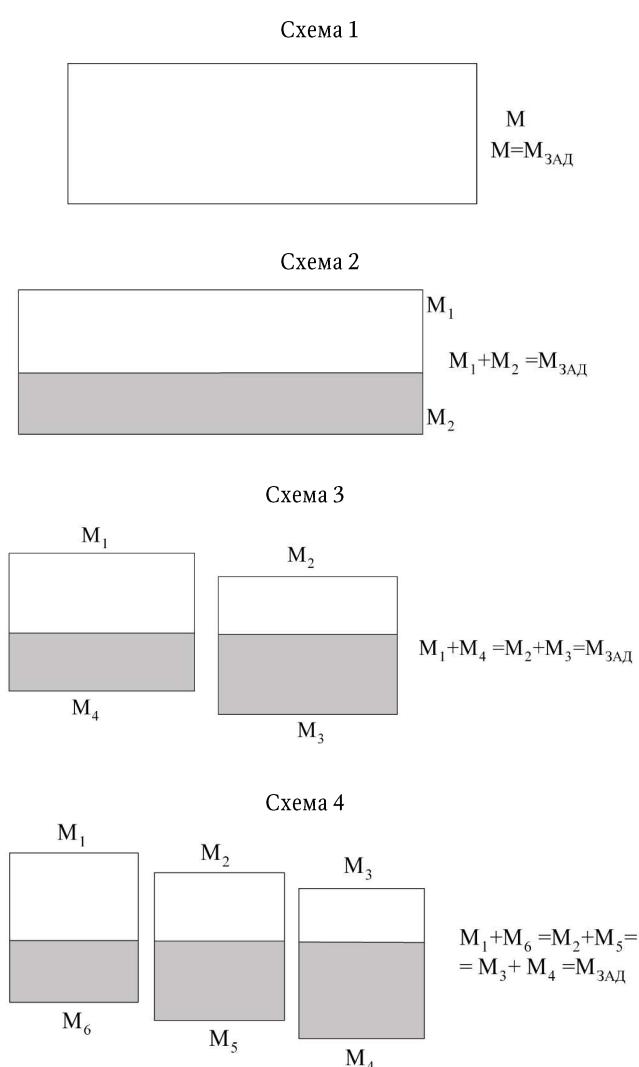


Рис. 2. Схемы полива фронтальными дождевальными машинами

Поливные нормы для схем 3 и 4 при больших нормах полива

Номер схемы	Заданная норма, м ³ /га	Норма на участках	Площадь, га			
			до 160		более 160	
			июнь, сентябрь	июль, август	июнь, сентябрь	июль, август
3	400	M ₁	250	280	260	300
		M ₂	150	180	170	200
		M ₃	250	220	230	200
		M ₄	150	120	140	100
3	500	M ₁	240	280	280	310
		M ₂	140	190	170	210
		M ₃	360	310	330	290
		M ₄	260	220	220	190
3	600	M ₁	290	360	330	400
		M ₂	170	220	200	250
		M ₃	430	380	400	350
		M ₄	210	240	270	200
4	500	M ₁	250	310	290	350
		M ₂	180	240	310	280
		M ₃	100	140	120	160
		M ₄	400	350	380	340
		M ₅	320	260	290	220
		M ₆	250	190	210	150
4	600	M ₁	300	390	340	420
		M ₂	220	290	260	330
		M ₃	120	170	150	200
		M ₄	480	430	450	400
		M ₅	380	310	340	270
		M ₆	300	210	250	180

разной влагообеспеченностью на различных секторах или участках орошающего поля в течение времени полива.

Проведенные исследования позволили рекомендовать технологии технологические приемы полива с учетом особенностей почвенно-климатических зон, в частности на почвах средней и низкой водопроницаемости, адаптированные к меняющимся в течение полива условиям.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Есин А.И., Журавлева Л.А., Соловьев В.А. Ресурсосберегающие технологии и дождевальные машины кругового действия. – Саратов, 2019. – 203 с.

2. Медведев А.В. Мелиоративная техника – основа устойчивого сельскохозяйственного производства //

Мелиорация в России: потенциал и стратегия развития: материалы Междунар. науч-практ. интернет-конф., посвящ. 50-летию масштабной программы развития мелиорации земель. – Волгоград, 2016. – С. 305–313.

3. Мелихов В.В. Мелиорация – потенциал и стратегия развития АПК и сельских территорий России // Мелиорация в России: потенциал и стратегия развития: материалы Междунар. науч-практ. интернет-конф., посвящ. 50-летию масштабной программы развития мелиорации земель. – Волгоград, 2016. – С. 7–14.

4. Пути повышения эффективности орошаемого земледелия: сб. науч. тр. / ФГБНУ «РосНИИПМ». – Вып. 50 – Новочеркасск: Геликон, 2013 – 182 с.

5. Фокин Б.П. Повышение эффективности полива многоопорными дожде-вальными машинами: дис. ... д-ра техн. наук. – Ставрополь, 2002. – 313 с.

6. Aarstad J.S., Miller D.E. Effects of small amounts of residue on furrow erosion // Soil Sci. Soc. Am. J., 1981, 45(1), 116–118.

7. Brown M.J. Effect of grain straw and furrow irrigation stream size on soil erosion and infiltration // J. Soil and Water Conservation, 1985, 40(4), 389–391.

9. Carter D.L., Brockway C.E., Tanji K.K. Controlling erosion and sediment loss in irrigated agriculture // J. Irrig. and Drain. Engrg., ASCE, 1993, 119(6), 975–988.

9. Dadio C., Wallender W.W. Droplet size distribution and water application with low pressure sprinklers // Trans. ASAE, 1985, 28(2), 511–516.

10. Trout T., Neibling W.H. Erosion and Sedimentation Processes on Irrigated Fields // Journal of Irrigation and Drainage Engineering-asce, 1993.

Журавлева Лариса Анатольевна, д-р тех. наук, проф. кафедры «Организация и технология строительства объектов природообустройства», Российской государственный аграрный университет-МСХА имени К.А. Тимирязева. Россия.

127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49.

Тел.: 89173299812.

Ключевые слова: полив; эрозионные процессы; поливная норма; дождевальные машины; поливная норма.

TECHNOLOGICAL SOLUTIONS FOR ENVIRONMENTALLY FRIENDLY IRRIGATION WITH WIDE-COVERAGE SPRINKLERS FOR SOILS WITH POOR WATER PERMEABILITY

Zhuravleva Larisa Anatolyevna, Doctor of Technical Sciences, Professor of the chair “Organization and Technology of Construction of Environmental Facilities”, Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy. Russia.

Keywords: watering; erosion processes; irrigation rate; sprinkler machines; irrigation rate.

The article considers the possibilities of fractional, differentiated delivery of irrigation rates, operating mode and movement of wide-coverage sprinkler machines of circular and frontal action. The need is to ensure the coordination of the irrigation e with the level of moisture reserves of the field sections for frontal displacement machines and sectors for circular machines during the entire irrigation time, reducing the environmental load on the soil and maintaining fertility.

