



ГИДРАВЛИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАБОТЫ МОДИФИЦИРОВАННОЙ ДМ «ФРЕГАТ» С ВОЗМОЖНОСТЬЮ ДВИЖЕНИЯ БЕЗ ПОЛИВА

ЗАТИНАЦКИЙ Сергей Викторович, Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова

КОЛГАНОВ Дмитрий Александрович, Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова

ЗАГОРУЙКО Михаил Геннадьевич, Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова

В статье представлена гидродинамическая модель работы дождевальной машины «Фрегат», позволяющая произвести численные эксперименты и получить технические характеристики полива модернизированной дождевальной машины.

Орошение сельскохозяйственных культур – наиболее распространенный и перспективный вид мелиорации, позволяющий обеспечивать растения необходимой влагой и питательными веществами, а также способствует снижению температуры приземного слоя воздуха [2].

Полив сельскохозяйственных культур в России и, в частности, в Саратовской области осуществляется главным образом дождеванием. При этом основной машиной для полива является дождевальная машина «Фрегат» (рис. 1), которая хорошо себя зарекомендовала за 40 лет применения в России.

Машина зарекомендовала себя на поливе сельскохозяйственных культур, так как обеспечивает хорошее качество дождя, автоматизацию полива, высокую надежность, а также позволяет использовать один вид энергии для обеспечения полива и передвижения машины [1, 2, 9].

Однако, как показывает практика эксплуатации, данная машина не в полной мере способна реализовать свои преимущества на поливе в связи с высокой степенью энергоемкости. Поэтому для эффективной эксплуатации ДМ «Фрегат» необходимо совершенствование технических средств машины путем разработки новых элементов конструкции.

С этой целью необходимо создать дополни-

тельный водопроводящий пояс машины и модернизировать узел его запитки, что в свою очередь приведет к снижению потребного рабочего давления и как следствие, уменьшению энергоемкости машины [3, 5, 9]. Однако в результате модернизации все технические характеристики машины изменятся относительно заводских настроек.

Поэтому для определения гидравлических характеристик машины на основании гидродинамической модели работы ДМ «Фрегат» была разработана гидравлическая модель работы модифицированной ДМ «Фрегат» с возможностью движения без полива, которая позволила провести численные эксперименты работы машины и определить гидравлически зависимые конструктивные параметры машины [10].

Гидравлическая модель модернизированной дождевальной машины определяет параметры исходя из величины поливной нормы, при этом объем подачи воды машиной будет равен [4, 5]:

$$W_i = m A_i = \frac{m p R_i^2}{10000}, \quad (1)$$

где W_i – объем подачи воды ДМ «Фрегат» за полив на i -й тележке, м³; m – величина поливной нормы, м³/га; A_i – площадь полива машиной при количестве опор i , га; R_i – радиус полива ДМ «Фрегат», м.

Второй определяющий критерий работы машины на подачу заданной поливной нормы – продолжительность полива.

Продолжительность полива при полном обороте ДМ «Фрегат», рассчитываемая через количество тактов гидроцилиндра [4, 5]:

$$T = \frac{Z_i}{60n}, \quad (2)$$

где T – продолжительность полива при полном



Рис. 1. Дождевальная машина «Фрегат»



обороте машины с заданной скоростью движения машины n , ч; Z_i – общее количество тактов гидроцилиндра i -й самоходной опоры при полном обороте машины, такт, находят по зависимости

$$Z_i = \frac{L_i}{l}, \quad (3)$$

где L_i – длина пути движения i -й самоходной опоры по окружности при полном обороте машины, м; l – шаг машины при одном такте гидроцилиндра, $l = 0,16$ м; n – скорость движения, такт/мин.

Расход воды дождевальной машины для полива сельскохозяйственной культуры поливной нормой m определяют по зависимости [5]:

$$Q_i = \frac{W_i}{3,6T}, \quad (4)$$

где Q_i – расход дождевальной машины для орошения площади A_i , л/с.

Подставив в выражение (2) величину объема подачи W_i из зависимости (1) и выразив продолжительность полива T через зависимости (2) и (3), получим более полное и развернутое выражение:

$$Q_i = \frac{\pi m R_i^2}{3,6 \cdot 10000} \cdot \frac{60nl}{2\pi r_i} = 1,333 \cdot 10^{-4} (nm) \varphi_i \frac{R_i^2}{r_i}. \quad (5)$$

Величина расхода воды в водопроводящем трубопроводе дождевальной машины изменяется по длине трубопровода.

Основная часть расхода воды уходит на полив через дефлекторные насадки и небольшая часть воды сбрасывается из гидроцилиндров под колеса самоходной опоры. Изменение расхода воды на полив через насадки между соседними тележками можно определить, используя зависимость (5):

Например, между 15-й и 14-й тележками:

$$\Delta Q_{14-15} = 1,333 \cdot 10^{-4} m \left(\varphi_{15} \frac{R_{15}^2}{r_{15}} - \varphi_{14} \frac{R_{14}^2}{r_{14}} \right), \quad (6)$$

где φ – коэффициент редукции, характеризующий интенсивность изменения (убывания) скорости движения тележки при изменении радиуса вращения тележек.

$$\varphi_{15} = \frac{Z_{15}}{Z_{15}}, \dots, \varphi_1 = \frac{Z_1}{Z_{15}}. \quad (7)$$

Расход воды ($q_{i-(i-1)}$, л/с), необходимый для работы гидроцилиндров меняется по

длине дождевальной машины, он зависит от скорости движения машины (n , такт/мин) и, следовательно, от общего количества тактов гидроцилиндров (Z_i , такт) при полном обороте машины, объема рабочей камеры гидроцилиндра (V , л) и местоположения рабочего органа по длине ДМ «Фрегат» относительно гидранта.

Расчетные зависимости имеют следующий вид:

между 15-й и 14-й тележками:

$$q_{15-14} = \frac{nVZ_{15}}{60Z_{15}}. \quad (8)$$

Модель линейной карты расходов воды по длине базовой 16-опорной дождевальной машины формируем, начиная с последней 16-й опоры и двигаясь радиально к неподвижной опоре.

Расход воды на расчетной опоре складывается из расхода воды на две дефлекторные насадки после и на одну насадку до опоры и прибавляется расход воды на гидроцилиндр:

$$Q_{16} = \Delta Q_{15-16} + q_{16-15} = 1,333 \cdot 10^{-4} nm \left(\varphi_{16} \frac{R_{16}^2}{r_{16}} - \varphi_{15} \frac{R_{15}^2}{r_{15}} \right) + \frac{nVZ_{16}}{60Z_{16}}. \quad (9)$$

Модель линейной карты расходов воды по длине модифицированной 16-опорной дождевальной машины формируется из двух потоков воды.

Поток воды на полив через дефлекторные насадки и поток воды по водоводу малого сечения для работы гидроцилиндров:

а) модель линейной карты расходов воды на полив:

$$Q'_{15} = \Delta Q_{14-15} = 1,333 \cdot 10^{-4} m \left(\varphi_{15} \frac{R_{15}^2}{r_{15}} - \varphi_{14} \frac{R_{14}^2}{r_{14}} \right); \quad (10)$$

б) модель линейной карты расходов воды на работу гидроцилиндров:

$$Q''_{15} = q_{15} = \frac{nVZ_{15}}{60Z_{15}}. \quad (11)$$

Потери напора воды в трубопроводе дождевальной машины состоят из потерь по длине и местных потерь [8].

Для гидравлически длинных систем местные потери напора рекомендуется принимать 5–10 % от потерь по длине.

Потери по длине:

$$h_{дл} = \frac{\lambda h^2}{d2g}, \quad (12)$$

где $h_{дл}$ – потери напора воды по длине, м; λ –

коэффициент гидравлического трения; v – скорость движения воды в трубопроводе, м/с, рассчитывают по формуле

$$v = \frac{Q}{0,785d^2}, \quad (13)$$

l – длина трубопровода, м; d – диаметр трубопровода, м; g – ускорение свободного падения, м²/с².

Коэффициент гидравлического трения для труб с равномерной шероховатостью находят по формуле А.Д. Альтшуля [6, 7, 8]:

$$\lambda = 0,11 \left(\frac{\Delta_s}{d} + \frac{68}{Re} \right)^{0,25}, \quad (14)$$

где Δ_s – эквивалентная шероховатость труб или высота выступов равномерно-зернистой шероховатости, мм; для стальных труб $\Delta_s = 0,15$ мм, для полиэтиленовых $\Delta_s = 0,065$ мм; Re – число Рейнольдса:

$$Re = \frac{vd}{\nu'}, \quad (15)$$

где ν' – кинематический коэффициент вязкости жидкости для воды, имеющей температуру 18 °С, $\nu' = 0,01$ см²/с.

Разработанная модель позволила получить технические характеристики полива модернизированной ДМ «Фрегат», определить гидравлически зависимые конструктивные параметры машины, а также оценить эрозионно-допустимую норму полива (см. таблицу).

Используя данные таблицы, построен график связи величины поливной нормы при разных напорах с учетом скорости движения машины (рис. 2).

Разработанная модель позволила определить оптимальный диаметр системы водоподачи допол-

нительного трубопровода, который обеспечит стабильное движение машины при низких напорах. Так, для обеспечения движения машины необходимо использовать полиэтиленовые трубы с номинальным наружным диаметром 75 мм на участке от опоры ДМ до 11-й тележки, и диаметр трубы 50 мм на участке от 11-й до 16-й тележки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абдразаков Ф.К., Васильев В.В. Совершенствование гидравлической защиты и повышение эффективности работы ДМ «Фрегат» // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. – 2002. – № 4. – С. 59–61.
2. Абдразаков Ф.К., Васильев В.В. Повышение экологической эффективности орошения на основе совершенствования дождевальной машины «Фрегат» / ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ». – Саратов, 2005. – С. 116.
3. Кошкин Н.М., Соловьев Д.А., Затицацкий С.В. Результаты создания и исследования работы модифицированной дождевальной машины «Фрегат» // Мелиорация и водное хозяйство. – 2015. – № 4. – С. 23–26.
4. Механизация полива: справочник / Б.Г. Штепа [и др.]. – М.: Агропромиздат, 1990. – 336 с.
5. Результаты создания дождевальной машины

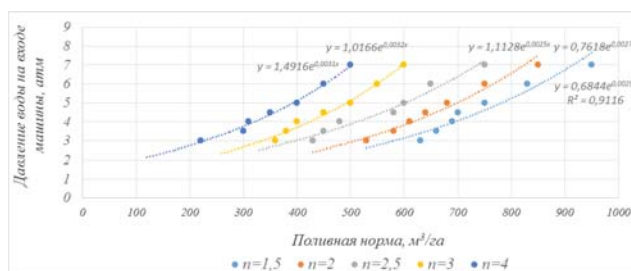


Рис. 2. Зависимость величины поливной нормы, выдаваемой модифицированной ДМ «Фрегат» в зависимости от давления воды на входе машины и от скорости движения

Результаты численного эксперимента

№ п/п	Скорость движения 16-й тележки, м/мин	Слой осадков за проход ДМ, мм	Продолжительность полива, ч	Расход воды на полив, л/с	Общий расход воды, л/с	Средняя интенсивность дождя, мм/мин	Напор перед гидроцилиндром 16-й тележки, МПа
Напор воды на входе ДМ – 0,30 МПа							
1	0,272	58,6	171	62,9	64,8	0,62	0,2891
2	0,320	49,8	146	62,9	65,1	0,62	0,2849
3	0,480	33,2	97	62,9	66,2	0,62	0,2661
4	0,560	23,4	83	63,0	66,6	0,62	0,2538
Напор воды на входе ДМ – 0,35 МПа							
1	0,272	62,8	171	67,4	69,3	0,63	0,3391
2	0,320	53,4	146	67,4	69,6	0,63	0,3349
3	0,480	35,6	97	67,4	70,7	0,63	0,3151
4	0,560	30,5	83	67,4	71,3	0,63	0,3038





«Фрегат», работающей в режимах при низких напорах / Д.А. Соловьев [и др.] // Аграрный научный журнал. – 2017. – № 2. – С. 67–69.

6. Рыжко Н.Ф. Совершенствование технических средств и технологии орошения в Поволжье. – Саратов: 2007. – 110 с.

7. Расчет режимов орошения сельскохозяйственных культур и проектных норм водопотребности: метод. рекомендации. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2012. – 152 с.

8. Справочник по гидравлике для мелиораторов / П.М. Степанов [и др.]. – М.: Колос, 1984. – 207 с.

9. Фокин Б.П., Носов А.К. Современные проблемы применения многоопорных дождевальных машин. – Ставрополь, 2011. – 80 с.

10. Abdrazakov F.K., Zatinatsky S.V., Povarov A.V. Hydrodynamic model of watering of the Fregat sprinkling system equipped with deflector nozzles // International

Journal of Pharmacy & Technology, 2016, Vol. 8, Iss. No.4, p. 27063–27071.

Затинацкий Сергей Викторович, канд. техн. наук, проф. кафедры «Строительство, теплогазоснабжение и энергообеспечение», Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова. Россия.

Колганов Дмитрий Александрович, ассистент кафедры «Техносферная безопасность и транспортно-технологические машины», Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова. Россия.

Загоруйко Михаил Геннадьевич, канд. техн. наук, доцент, зав. кафедрой «Механика и инженерная графика», Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова. Россия.

410056, г. Саратов, ул. Советская, 60.

Тел.: (8452) 74-96-51.

Ключевые слова: дождевальная машина; энергоёмкость; снижение напора; поливная норма.

HYDRODYNAMIC MODEL OF WATERING OF THE LOW PRESSURE SPRINKLER “FREGAT”

Zatinatskiy Sergey Viktorovich, Candidate of Technical Sciences, Professor of the chair “Construction and Heat and Gas Supply, Power Supply”, Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov. Russia.

Kolganov Dmitriy Alexandrovich, Assistant of the chair “Technosphere Security and Transport-technological Machines”, Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov. Russia.

Zagoruyko Mikhail Gennadievich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the chair “Mechanics and

Engineering Graphics”, Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov. Russia.

Keywords: sprinkler; hydrodynamic model; irrigation norm pressure.

It is presented the hydrodynamic model of work of the sprinkler “Fregat” allowing making numerical experiments and receiving technical characteristics of watering of the upgraded sprinkler.

УДК 636.22/28.083.312.3

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ДОЕНИЯ КОРОВ НА КОМПЛЕКСАХ С БЕСПРИВЯЗНЫМ СОДЕРЖАНИЕМ

КРАВАЙНИС Юрий Янисович, ФГБНУ «Ярославский научно-исследовательский институт животноводства и кормопроизводства»

КРАВАЙНЕ Раиса Степановна, ФГБНУ «Ярославский научно-исследовательский институт животноводства и кормопроизводства»

АЛЕКСЕЕВ Андрей Александрович, ФГБНУ «Ярославский научно-исследовательский институт животноводства и кормопроизводства»

ШКРАБАК Владимир Степанович, Санкт-Петербургский государственный аграрный университет

ШКРАБАК Роман Владимирович, Санкт-Петербургский государственный аграрный университет

Изложены результаты исследований, полученные при изучении процесса доения. Выявлены проблемные моменты и намечены пути совершенствования процесса доения: по возможности комплектовать секции количеством животных с учетом вместимости доильного зала; перед доением и после доения следить за состоянием вымени и своевременно выявлять трещины сосков и другую патологию с последующим проведением соответствующей терапии, а перед доением во избежание отрицательного рефлекса на доение применять мази с содержанием быстродействующего анальгетика; коров с беспокойным нравом выделять в отдельную группу при доении

Государственной программой развития АПК на 2013–2020 годы предусматривается увеличение производства молока до 38,2 млн т [3]. Важным условием для дости-

жения этой цели является сохранение здоровья коровы в целом и вымени в частности. Однако машинное доение коров до настоящего времени не полностью соответствует