

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ, СТРОИТЕЛЬСТВО И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

---

УДК 631.347

**Н. Ф. Рыжко, И. А. Шушпанов, Ю. А. Гопкалов, А. П. Акпасов, С. Н. Рыжко,  
М. С. Органов**

Волжский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации, Энгельс,  
Российская Федерация

### СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ МНОГООПОРНОЙ ДОЖДЕВАЛЬНОЙ МАШИНЫ «ВОЛГА-СМ» С ПОЛИЭТИЛЕНОВЫМ ТРУБОПРОВОДОМ

*В статье выявлены недостатки серийной дождевальной машины «Фрегат» и определены основные направления совершенствования конструкции многоопорных дождевальных машин. Приведено описание новой дождевальной машины «Волга-СМ» с полиэтиленовым трубопроводом. Результатами успешных полевых испытаний подтверждены основные технические и агротехнические показатели. Основные преимущества дождевальной машины «Волга-СМ»: снижение потребления электроэнергии на 20–55 % при низконапорном режиме работы 0,35–0,40 МПа; уменьшение стоимости и металлоемкости машины; повышение срока службы; расширение технологических возможностей путем обеспечения реверсивного движения и передвижения без полива.*

*Ключевые слова: дождевальная машина, полиэтиленовый трубопровод, стальной трубопровод, напор, расход воды, движение без полива, освежающий полив, внесение удобрений, дефлекторная насадка, устройство приповерхностного дождевания, качество полива.*

Многоопорная дождевальная машина (ДМ) «Фрегат» в настоящее время является основной в мелиоративном комплексе страны, на ее долю приходится более 40 % парка техники полива [1].

Основные ее преимущества перед другими ДМ: высокая производительность при круглосуточном автоматическом поливе; простота конструкции, ремонта и эксплуатации; использование энергии оросительной воды для передвижения; относительно невысокая стоимость и др. В настоящее время срок службы большинства ДМ «Фрегат» составляет предельные 35–40 лет, в результате чего тонкостенные оцинкованные трубы имеют значительную коррозию и требуют замены. В настоящее время в РФ такие трубы не производятся, в результате возник их дефицит, повлекший увеличение стоимости труб.

Напор на входе в машину составляет 0,5–0,7 МПа, в то же время для иностранных машин с электроприводом он составляет 0,3–0,5 МПа, для ДДПА-130/140 – 0,2 МПа. Энергоемкость полива ДМ «Фрегат» высокая (0,35–0,57 кВт·ч/м<sup>3</sup>), для низконапорных машин она снижается до 0,12–0,25 кВт·ч/м<sup>3</sup> [2–4].

Для крестьянско-фермерских хозяйств и индивидуальных предпринимателей, на полях которых с одной позиции орошается несколько сельскохозяйственных культур, важно, чтобы ДМ обеспечивала реверсивное движение или движение без полива [5, 6].

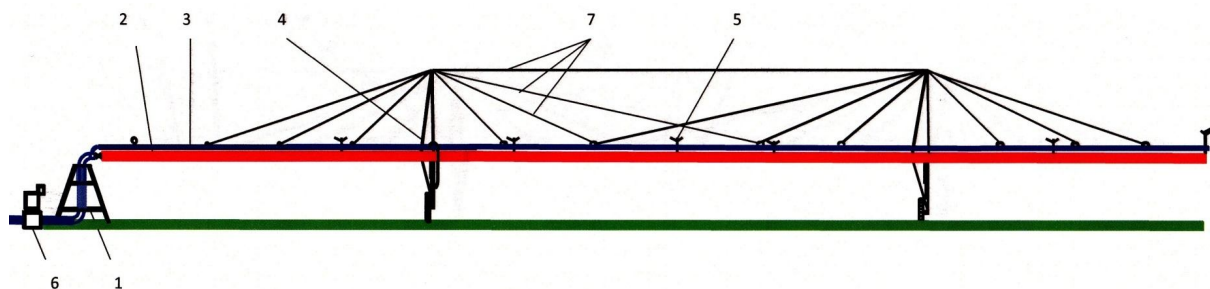
При выращивании сельскохозяйственных культур важно, чтобы ДМ не только обеспечивала регулирование расхода воды и полива традиционной нормой 200–600 м<sup>3</sup>/га, но и при необходимости проводила бы освежающий полив нормой 50–80 м<sup>3</sup>/га [1, 4].

При внесении агрессивных химикатов с поливной водой (удобрений, гербицидов, аммиака и др.) желательно, чтобы трубопровод был выполнен из материала, стойкого к таким химикатам.

Исходя из перечисленного выше, к современным ДМ предъявляются следующие требования: снижение металлоемкости и энергоемкости машины, обеспечение низконапорного режима работы, увеличение срока службы, обеспечение передвижения без полива, а также безопасное внесение химических средств с поливной водой и др. [5, 6].

Для решения данных задач в ФГБНУ «ВолжНИИГиМ» на базе ДМ «Фрегат» разработана и испытана ДМ «Волга-СМ», которая состоит из основного полиэтиленового трубопровода (диаметром 160–90 мм) и дополнительного стального оцинкованного трубопровода (диаметром 102, 108 мм), которые производятся металлургическими заводами и предприятиями РФ по производству полиэтиленовых труб [7–9].

ДМ (рисунок 1) состоит из неподвижной опоры 1, основного полиэтиленового 2 и дополнительного 3 стального оцинкованного трубопровода, которые смонтированы на самоходных тележках 4 с гидроприводом. На поворотном колене неподвижной опоры 1 смонтированы два фланца: для полиэтиленовых 2 и стальных оцинкованных труб 3. В качестве основного водопроводящего трубопровода используется полиэтиленовый трубопровод. Дополнительный стальной трубопровод предназначен для подачи воды в гидроприводы тележек и небольшого расхода воды – на дождеватели 5 и концевой дождевательный аппарат.



- 1 – неподвижная опора; 2 – полиэтиленовый трубопровод (диаметром 110 мм);  
3 – дополнительный стальной трубопровод для передвижения машины без полива (диаметром 76–108 мм); 4 – тележка с гидроприводом; 5 – дождеватели эрозионно безопасные;  
6 – гидрозадвижка; 7 – вертикальные тросы

**Рисунок 1 – Схема ДМ с полиэтиленовым трубопроводом**

В машине модернизированы короткие трубы для подачи воды через фильтр к гидроприводам тележек и для жесткого соединения с рамой тележки. Модернизированы раскосы поперечин. На стальном трубопроводе смонтированы дополнительные кронштейны и хомуты для фиксации полиэтиленового трубопровода. Модернизованы кронштейны крепления регулятора скорости. Вертикальные, поддерживающие тросы при помощи кронштейнов крепятся к стальным оцинкованным трубам.

Горизонтальные тросы дополнительного стального трубопровода обеспечивают жесткость трубопроводов в горизонтальной плоскости. При помощи болтов поперечины крепятся к фланцам стальных труб. Полиэтиленовый трубопровод в начале машины через втулку и дисковый затвор закреплен на поворотном колене, далее при помощи поддерживающих хомутов – на стальном трубопроводе. Хомуты обеспечивают смещение полиэтиленовых труб при изменении температуры воздуха. На конце полиэтиленового трубопровода монтируется фланец.

В полиэтиленовом трубопроводе просверлены отверстия, на которые устанавливаются седелки: нижние – для крепления сливных клапанов, верхние и боковые – для крепления дождевателей.

В стальной трубопровод ввариваются муфты для монтажа манометра, сливных клапанов, дождевателей и фильтра запитки гидропривода тележки. На концевом фланце стальной оцинкованной трубы смонтирован концевой дождевальная аппарат (расход воды – 1,8–3,5 л/с).

Между фланцем поворотного колена и полиэтиленового трубопровода устанавливается дисковый затвор для прекращения подачи воды в трубопровод и обеспечения движения машины без полива.

Анализ гидравлических расчетов полиэтиленовых и стальных трубопроводов на ДМ «Волга-СМ» показывает, что для обеспечения расхода воды машины:

- 75–90 л/с (13–16-опорная машина по типу ДМУ-Б) необходимо до 9–11-й тележки совместно со стальным трубопроводом диаметром 102 мм использовать полиэтиленовую трубу диаметром 160 мм и далее трубу диаметром 110 мм (таблица 1);

- 65 л/с (12-опорная машина по типу ДМУ-А) в качестве основной трубы необходимо использовать полиэтиленовую трубу диаметром 140 мм и дополнительную стальную трубу диаметром 102 мм;

- 45–55 л/с (7–11-опорная машина по типу ДМУ-А) в качестве основной трубы необходимо использовать полиэтиленовую трубу диаметром 110 мм и дополнительную стальную трубу диаметром 102 мм.

**Таблица 1 – Масса ДМ «Волга-СМ» (со стальным и полиэтиленовым трубопроводом) и базовой машины «Фрегат» в зависимости от модификации**

| Базовая машина                |                        | Новая машина      |          | Масса трубы             |           | Стоимость трубопровода машины, тыс. руб. |                   |
|-------------------------------|------------------------|-------------------|----------|-------------------------|-----------|------------------------------------------|-------------------|
|                               |                        | диаметр трубы, мм |          | длиной 10 м с водой, кг |           |                                          |                   |
| марка                         | диаметр стальной трубы | полиэтиленовая    | стальная | базовая                 | новая     | базовая                                  | новая             |
| ДМУ-Б, 16 опор, 463 м, 90 л/с | 178                    | 160               | 102      | 328,7                   | 333       | 1157                                     | 707               |
|                               | 152                    | 110               |          |                         | (+1,3 %)  |                                          | (–41 %)           |
| Стоимость машины, млн руб.    |                        |                   |          |                         |           | 2,5                                      | 2,15              |
| ДМУ-Б, 13 опор, 379 м, 75 л/с | 178                    | 140               | 102      | 328,7                   | 311       | 845,5                                    | 422               |
|                               | 152                    | 110               |          |                         | (–5,6 %)  |                                          | (–50 %)           |
| Стоимость машины, млн руб.    |                        |                   |          |                         |           | 1,8                                      | 1,38              |
| ДМУ-А, 9 опор, 253 м, 38 л/с  | 152                    | 90                | 102      | 245,7                   | 221       | 437                                      | 149               |
|                               |                        |                   |          |                         | (–11 %)   |                                          | (–293 %)          |
| Стоимость машины, млн руб.    |                        |                   |          |                         |           | 0,9                                      | 0,61              |
| ДМУ-А, 4 опоры, 120 м, 14 л/с | 152                    | Нет               | 102      | 245,7                   | 157       | 300                                      | 99                |
|                               |                        |                   |          |                         | (–51,6 %) |                                          | (меньше в 3 раза) |
| Стоимость машины, млн руб.    |                        |                   |          |                         |           | 0,6                                      | 0,40              |

Для ДМ «Волга-СМ» (число тележек – 1–4 шт., расход воды – 5–15 л/с) необходимо использовать только стальную трубу диаметром 102 мм. Для 5- и 6-опорных ДМ «Волга-СМ» (расход воды – 18–22 л/с) необходимо использовать стальную трубу диаметром 102 мм и полиэтиленовую трубу диаметром 63 мм. Для 7–9-опорных ДМ «Волга-СМ» необходимо использовать стальную трубу диаметром 102 мм и полиэтиленовую трубу диаметром 90 мм (таблица 1).

Массу машины «Волга-СМ» оцениваем как массу полиэтиленового и стального трубопровода плюс масса воды в данных трубопроводах и сравниваем результат с массой стандартных ДМ «Фрегат».

Масса пролета ДМ «Волга-СМ» для неполнокомплектных (1–4-опорных) машин, в которых используется только стальная труба диаметром 102 мм, меньше на 51 %, для 5–13-опорных машин при использовании полиэтиленовой трубы диаметром 140–90 мм – меньше на 5,6–11,0 %. В 15- и 16-опорных машинах, в которых в начале трубопровода используется полиэтиленовая труба диаметром 160 мм, имеет место незначительное превышение (на 1,3 %).

Масса водопроводящего трубопровода, приходящаяся на последнюю тележку стандартной ДМ, – 741 кг. Для ДМ «Волга-СМ» любой модификации масса водопроводящего трубопровода 90 мм и стальной консоли 102 и 76 мм, приходящаяся на последнюю тележку, составляет 511 кг, что меньше на 45 %.

Полевые испытания 12-опорной машины в ОПХ ВолжНИИГиМ показали, что расход воды составляет 50 л/с (полиэтиленовый трубопровод – 30 л/с, стальной трубопровод с концевым аппаратом – 20 л/с) при рабочем напоре 0,40 МПа и соответствует расчетным значениям. Минимальная поливная норма равна 180 м<sup>3</sup>/га. Напор в конце стального трубопровода составляет 0,34 МПа, максимальная цикличность гидропривода последней тележки – 5,3 ход/мин. Радиус действия концевого аппарата при таком напоре имеет значения 18–24 м в зависимости от диаметра основного сопла. Время оборота машины зависит от поливной нормы и при изменении цикличности гидропривода от 5,3 до 1,5 ход/мин составляет 37,8–133,6 ч. Машина показала устойчивую работу при более низких напорах (0,30–0,35 МПа).

Для полива могут использоваться дефлекторные насадки или устройства приповерхностного дождевания, устанавливаемые на трубопроводе машины по учащенной схеме через 5 и 6 м. Дефлекторные насадки при такой расстановке обеспечивали хорошую равномерность полива при ветре, коэффициент эффективности полива составил 0,62–0,71.

Дисковый затвор обеспечивает отключение полиэтиленового трубопровода, при этом расход воды машины уменьшается до 20 л/с, а минимальная поливная норма снижается до 72 м<sup>3</sup>/га для проведения освежающего полива.

При перекрытии на стальном трубопроводе подачи воды к дефлекторным насадкам при помощи шаровых кранов обеспечивается движение машины без полива. Для осуществления передвижения машины против часовой стрелки опорные тележки комплектуются оборудованием реверсивного движения.

Внесение химических удобрений с поливной водой осуществляется путем подачи химраствора агрегатом из мобильной технологической емкости в полиэтиленовый трубопровод и далее через устройства приповерхностного дождевания.

Экономический эффект разработанной ДМ «Волга-СМ» складывается за счет:

- сокращения затрат на электроэнергию на насосной станции путем снижения рабочего напора на входе в ДМ до 0,35–0,45 МПа (на 20–55 %);
- снижения стоимости водопроводящего трубопровода;
- повышения срока службы полиэтиленовых труб и оцинкованных труб малого диаметра с толщиной стенки 3,5–4,0 мм до 50 лет (срок службы серийных тонкостенных труб составляет 15–20 лет);
- улучшения качественных показателей полива благодаря применению дождевальных насадок или устройств приповерхностного дождевания, установленных на трубопроводе машины по учащенной схеме;
- обеспечения реверсивного передвижения машины по часовой стрелке и против, а также движения машины без полива;
- внесения химических средств на поля при помощи полиэтиленового трубопровода и устройства приповерхностного дождевания, исключающих попадание агрессивных химикатов на металлические узлы и детали машины.

Разработанная дождевальная машина «Волга-СМ» с полиэтиленовым трубопроводом внедрена в ОПХ ВолжНИИГиМ.

#### Список использованных источников

1 Рыжко, Н. Ф. Совершенствование дождеобразующих устройств для многоопорных дождевальных машин / Н. Ф. Рыжко; ФГОУ ВПО «СГАУ». – Саратов, 2009. – 176 с.

2 Слюсаренко, В. В. Опыт эксплуатации ДМ «Фрегат» на низконапорном режиме / В. В. Слюсаренко, Л. А. Журавлева, Н. Ф. Рыжко // Мелиорация и водное хозяйство. – 2004. – № 1. – С. 22–24.

3 Рыжко, Н. Ф. Обоснование технических решений по снижению напора на входе ДМ «Фрегат» / Н. Ф. Рыжко, В. Л. Угनावый // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н. И. Вавилова. – Саратов: ФГОУ ВПО «СГАУ», 2007. – № 4. – С. 85–90.

4 Рыжко, Н. Ф. Повышение эффективности работы низконапорных ДМ «Фрегат» / Н. Ф. Рыжко, В. Л. Угनावый // Проблемы устойчивого развития мелиорации и рационального природопользования: материалы юбилейной междунар. науч.-практической конф. – М., 2007. – Т. 1. – С. 340–343.

5 Слюсаренко, В. В. Новые технические решения для модернизации дождевальных машин «Фрегат» и результаты их внедрения / В. В. Слюсаренко, Н. Ф. Рыжко // Известия Самарского ГАУ. – 2011. – № 3. – С. 16–20.

6 Рыжко, Н. Ф. Обоснование ресурсосберегающего дождевания и совершенствование дождевальной машины «Фрегат» в условиях Саратовского Заволжья: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 06.01.02 / Рыжко Николай Федорович. – Саратов, 2012. – 47 с.

7 Пат. 2497348 Российская Федерация. Дождевальная машина / Рыжко Н. Ф., Шушпанов И. А. [и др.]. – Оpubл. 10.11.13, Бюл. № 31. – 5 с.

8 Пат. 2378824 Российская Федерация. Дождевальная машина / Нагорный В. А., Рыжко Н. Ф., Шушпанов И. А., Угनावый В. Л. – Оpubл. 20.01.10, Бюл. № 2. – 6 с.

9 Пат. 2410870 Российская Федерация. Дождевальная машина / Нагорный В. А., Рыжко Н. Ф., Шушпанов И. А. – Оpubл. 10.02.11, Бюл. № 4. – 7 с.

УДК 631.674.6

**Р. А. Купединова**

Институт водных проблем и мелиорации Национальной академии аграрных наук Украины, Киев, Украина

#### ОБОСНОВАНИЕ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ПОЛИВНОЙ СЕТИ СИСТЕМЫ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ

*В статье приведены результаты полевых и лабораторных исследований работоспособности поливной сети системы капельного орошения. Целью исследований являлось изучение закономерностей изменения технологических параметров поливной сети в процессе эксплуатации, а также разработка комплексных мероприятий по восстановлению ее работоспособности. Проанализированы основные причины засорения поливной сети в процессе эксплуатации. Проведенные полевые исследования на опытно-производственных объектах действующих систем капельного орошения в Южной Степи Украины показали, что процесс формирования засорений зависит от качества поливной воды. В результате снижаются расходно-напорные характеристики капельных водовыпусков. Их работоспособность на проектном уровне можно обеспечить путем проведения гидравлического промывания поливных трубопроводов, а также профилактического промывания химическими реагентами.*