

УДК 631.347 (575.2) (04)

НИЗКОНАПОРНАЯ ДОЖДЕВАЛЬНАЯ СИСТЕМА

А.И. Ким – аспирант

И.И. Ким – аспирант

The construction of low-pressure sprinkler irrigation system with circular motion sprinkling machines is suggested.

Многоопорные дождевальные машины были запатентованы в США в середине XX в. Наибольшее распространение в мире получили низконапорные дождевальные машины с рабочим давлением воды 0,15...0,2 МПа с электроприводами [1].

В 70-е годы XX в. СССР закупил в США лицензию на производство наиболее отработанной и совершенной в то время дождевальной машины кругового действия с гидроприводами “Валлей” и начал ее производство под маркой ДМ “Фрегат”. Эта машина в несколько раз дешевле зарубежных дождевальных с электроприводами, проще в эксплуатации и имеет большой срок службы, что является основным фактором рациональности применения их в странах СНГ. Однако сейчас они по своим энергетическим характеристикам не вписываются в современную экономику, так как для их работы требуется давление воды 0,6...0,7 МПа на входе дождевальных машин и 1...1,2 МПа на насосной станции. В российских литературных источниках указывается, что снижение рабочего давления с 0,7 до 0,45 МПа при использовании серийно выпускаемой в настоящее время низконапорной модификации дождевальной машины “Фрегат” позволяет на 16% уменьшить требуемое давление на насосной станции и на 13% годовой расход электроэнергии [2]. Однако решение этой задачи на существующих оросительных системах сталкивается со многими проблемами. С одной стороны, трубопроводы оросительных систем и насосные агрегаты на-

сосных станций исчерпали свой ресурс. Переход же на низконапорный режим работы позволяет предотвратить порывы старых трубопроводов оросительной сети. С другой стороны, известно, что насосы рекомендуется эксплуатировать на тех режимах, при которых их КПД близки к максимальному. Любое изменение оптимального напора H или оптимальной производительности насоса Q ведет к снижению его КПД- η , которое равно

$$\eta = 9,81QH/N, \quad (1)$$

где N – мощность, подведенная к насосу извне.

Поэтому для повышения КПД насосной станции необходим переход на низконапорные насосы. Пропускная способность подводящего трубопровода (Q) при снижении давления уменьшается, так как зависит не только от поперечного сечения (ω), но и напора воды (H) [3].

$$Q = \mu_{суст} \omega (2gH)^{1/2} / \zeta_c, \quad (2)$$

где $\mu_{суст}$ – коэффициент расхода.

Для базовой 16-тележечной модели дождевальной машины “Фрегат” (ДМУ-Б463-90) общий расход воды равен 90 л/с, при давлении воды на входе – 0,63 МПа [4]. При уменьшении давления воды на входе до 0,2 МПа, т.е. его уменьшении в 3,15 раза, согласно формуле (2), общий расход воды уменьшится в 1,7748 раза и составит 50,7 л/с.

Необходимая мощность привода ведущей опорной тележки базовой дождевальной машины “Фрегат” обеспечивается при давлении в конце трубопровода не менее 45 м. Поэтому снижение напора на входе дождевальной маши-

ны негативно сказывается на ее ходовых качествах. Для уменьшения сопротивления качению самоходные тележки “Фрегат” оборудовали более дорогими колесами с пневматическими шинами низкого давления. Для сохранения усилия на толкателях колес укорачивали плечи силового рычага с 290 до 220 см. Однако при этом уменьшился ход толкателя, увеличилось число почвозацепов (с 21 до 28). Угол поворота колеса за один цикл работы уменьшается на 25%. В соответствии с этим снижается скорость движения машины, возрастает минимальная поливная норма. Для сохранения усилия на штоке гидроцилиндра при уменьшении рабочего давления воды УкрНИИГиМ и СКБ “Дождь” была предложена конструкция гидроцилиндра с увеличением диаметра с 122,8 до 154 мм [5]. При этом, по результатам испытаний, при полностью открытом кране-задатчике скорости движения минимальное время оборота возросло до 96 ч, на 25% увеличилось выбросы отработанной воды из гидроцилиндров на колесный след. Предпринимались также попытки подсоединения гидроцилиндров к дополнительному трубопроводу. Для этого вдоль ДМ “Фрегат” протягивали дополнительный трубопровод из полиэтилена диаметром 63 мм, который соединялся с основным в начале и конце машины. СтавНИИГиМ был предложен дополнительный закольцованный трубопровод, состоящий из двух ветвей – транспортирующей и питающей [5]. Такая конструкция обеспечивает надежное движение машины при пониженных до 45 м рабочих напорах воды. Максимальная скорость последней тележки при этом варианте модернизации была в 1,4 раза выше, чем у “Фрегата” с уширенными гидроцилиндрами. Причем, если увеличить диаметр допол-

нительного трубопровода с 40 до 52 мм, то скоростная характеристика модернизированной машины вплотную приблизится к штатной машине [4, 5].

Исследования показали, что при эксплуатации серийных 9 и 12 – опорных ДМ “Фрегат” на насосной станции (НС) необходимо иметь насос Д-320-70 с электродвигателем 70 кВт, а для 16-опорных машин – насос СПНС-100/100 с электродвигателем 160 кВт (табл. 1, 2). При использовании СПНС-100/100 с серийными машинами давление на выходе насоса равно 1,05 МПа, а потребляемая мощность – 121 кВт. При работе низконапорной ДМ “Фрегат” подача воды расходом 90 л/с осуществлялась агрегатом СПС-70/80. Давление на насосной станции при этом было в среднем 0,6 МПа, а потребляемая мощность – 78 кВт. Экономия электроэнергии составила 35% [2].

Для подачи воды под высоким давлением в дополнительный трубопровод дождевальной машины можно использовать трансформатор давления воды с 0,2 МПа и высокое давление 0,6...0,7 МПа [6].

Основные преимущества такой системы: обеспечивается возможность перехода на энергосберегающий режим полива с низким рабочим давлением воды 0,02 МПа; не требуется изменения серийной конструкции гидроприводов; сохраняется высокая проходимость и скоростные качества машины. Уменьшение потерь напора в подводящей сети возможно путем замены стальных высоконапорных трубопроводов на нержавеющие низконапорные пластмассовые трубопроводы со сроком службы 50 лет. Примеры такой низконапорной оросительной системы с дождевальными машинами “Фрегат” приведены на рисунке.

Таблица 1

Технические характеристики серийной и низконапорной ДМ “Фрегат”

Показатель	Серийная	Низконапорная конструкция		
		ВНИИМиТП	СтавНИИГиМ	УкрНИИГиМ
Расход воды, л/с	72	77,5	72	72
Давление воды на входе, МПа	0,57	0,42	0,38	0,38
Площадь орошения, га	74,9	70	74,9	73,3
T_{min} одного оборота, ч	52	70	74,9	73,3
Мин. полив. норма, мм	18	40	22	30
Число ДА	50	156	146	171

Таблица 2

Напор на входе и потребляемая мощность
серийных высоконапорных и низконапорных ДМ “Фрегат”

Модификация машины	Число опор	Расход воды, л/с	Давление на входе ДМ, МПа		Потребляемая мощность ДМ, кВт	
			Серийная	Низконапорная	Серийная	Низконапорная
ДМУ-А-260-36	9	38	0,47	0,37	17,5	13,8
ДМУ-А-337-45	12	45	0,48	0,38	21,2	16,8
ДМУ-Б-463-90	16	90	0,60	0,48	52,9	42,3

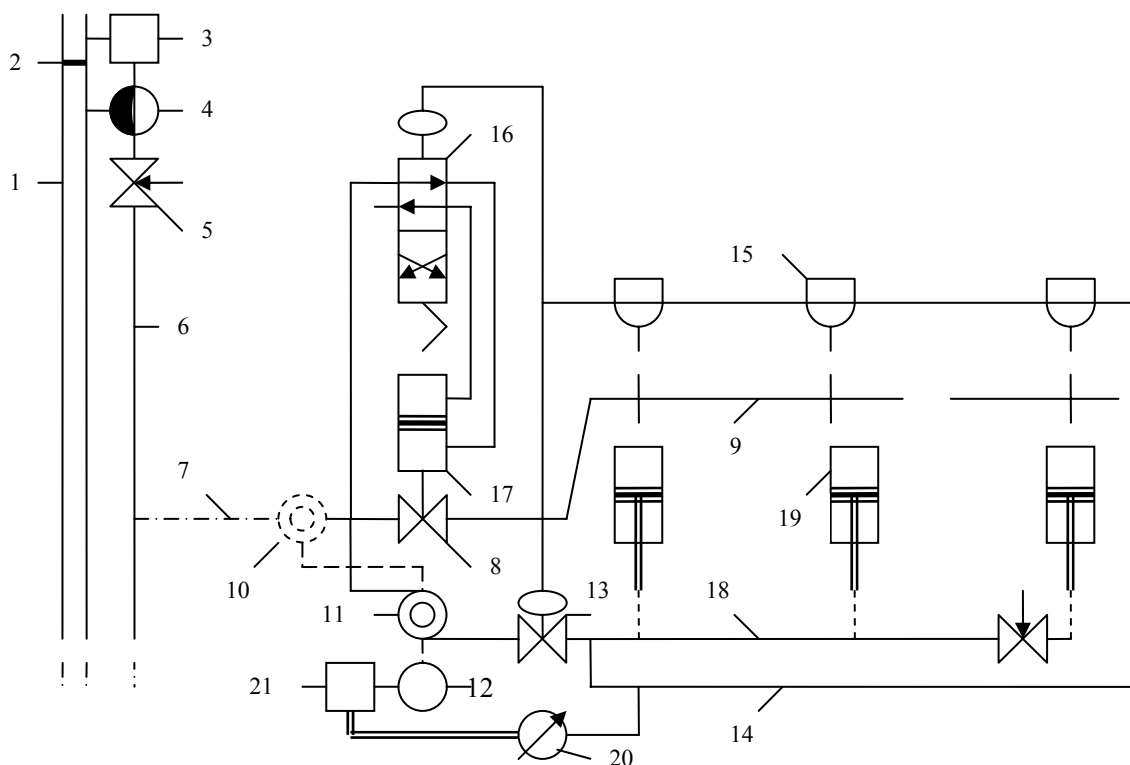


Схема низконапорной оросительной системы
с дождевальными машинами “Фрегат” и автономным преобразователем давления воды.

Низконапорная оросительная система содержит канал 1, плотину 2 на канале, отстойник 3, насосную станцию 4 с низконапорными турбонасосными агрегатами, соединенными через затвор 5 с магистральным трубопроводом 6, который соединен подводящими трубопроводами 7 с задвижками 8 с гидроприводами, установленными на входе дождевальных машин 9. В качестве трансформатора давления

воды на дождевальной машине может быть использован высоконапорный турбонасос, турбина 10 которого устанавливается в подводящем трубопроводе и приводит в движение высоконапорный насос 11. Недостатком такого устройства является потери давления воды на турбине (5...7 м), что требует создания дополнительного давления воды в подводящей сети, повышает необходимую мощность на-

сосной станции. Во втором варианте вместо турбины 10 используется дизельный двигатель 12. Это позволяет устранить потери давления воды на входе дождевальной машины 9, уменьшить давление в подводящей сети. Вход высоконапорного насоса 11 соединен с подводящим трубопроводом 7, а его выход через отсечной клапан 13 соединен с входом соединительной трубкой 14 с исполнительными клапанами 15. Клапаны 15 установлены на каждой опорной тележке дождевальной машины 9 и имеют привод от копиров, установленных на маятнике регулятора скорости движения опорных тележек. Выход соединительной трубки 14 соединен с мембранным приводом гидрореле 16 управления гидроприводом 17 задвижки 8, установленной на входе дождевальной машины 9, и мембранным приводом отсечного клапана 13, выход которого соединен также с линией питания 18 гидроприводов 19 опорных тележек дождевальной машины 9. Соединительная трубка 14 соединена с электроконтактным манометром 20, контакты которого соединены с блоком 21 управления дизельным насосом 12. При пуске дождевальной машины в работу оператор включает дизельный насос 12, открывает вручную отсечной клапан 13, вода под высоким давлением подается в соединительную трубку 14 и линию питания 18 гидроприводов 19. Гидрореле 16 переключает гидропривод 17 задвижки 8 на открытие, дождевальная машина 9 начинает движение и полив. Оператор переводит отсечной клапан 13 в автоматический режим работы. При неисправностях на дождевальной машине открывается исполнительный клапан 15, давление воды в соединительной трубке 14 падает, отсечной клапан 13 выключается, гидрореле 16 переключает гидропривод 17 задвижки 8 на закрытие. Дождевальная машина останавливается и полив прекращается. Контакт электроконтактного манометра 20 замыкается, блок управления 21 выключает дизельный насос 11. В случае отказа задвижки 8, установленной на входе дождевальной машины, дождевальная машина будет продолжать полив, но двигаться не будет, что предотвращает поломку трубопровода дождевальной машины.

Разработанная система позволяет обеспечить надежную защиту дождевальной машины

от аварий, уменьшить рабочий напор воды на входе дождевальной машины “Фрегат” до 0,2 МПа, уменьшить затраты энергии, необходимой на полив дождевальной машиной. Уменьшение рабочего давления оросительной системы позволяет также уменьшить мощность насосов и стоимость гидравлической насосной станции.

Применение на насосной станции турбо-насосных агрегатов позволяет обеспечить работу станции от потенциальной энергии перепадов воды на ирригационных каналах. Поскольку коэффициент полезного действия серийного насоса (η_n) и турбины (η_t) при изменении расходов жидкости в диапазоне $\pm 45\%$ от номинальных значений соответственно равны $\eta_n \approx 0,7 \dots 0,76$ и $\eta_t = 0,8 \dots 0,86$, то суммарный КПД (η_{nc}) турбонасоса равен $\eta_{nc} = \eta_n \eta_t = 0,6 \dots 0,65$. Согласно формуле (1) мощность потока воды (кВт), подводимого к машине (N_{DM}) при $Q = 0,09 \text{ м}^3/\text{с}$ и давлении $H = 63 \text{ м}$, составит $N_{DM} = 9,81 H Q = 55,6 \text{ кВт}$. Мощность потока воды на входе машины при уменьшении давления (H) с 63 м до 20 м. (в 3,15 раза) и расхода воды с 90 л/с до 50,7 л/с (в 1,78 раза), уменьшится с 55,6 кВт до 9,94 кВт (в 5,6 раза). С учетом того, что дождевальная машина предназначена работать на нескольких позициях, но фактически работает на одной, то она вполне может обеспечить оросительной нормой поле, работая в низконапорном режиме. При средней оросительной норме 5000 м³/га время работы 16 тележечной ДМ “Фрегат” ($Q = 0,09 \text{ м}^3/\text{с}$) в высоконапорном режиме составит 1156 час, или 48 суток, в низконапорном режиме ($Q = 0,0507 \text{ м}^3/\text{с}$) – 2052 час, или 85 суток. Затраты энергии в высоконапорном режиме работы машины составят 64274 кВт × час, в низконапорном – 20397 кВт × час, т.е. в 3,15 раза. При стоимости электроэнергии 0,8 сом за 1 кВт × час – 0,8 стоимость сэкономленной энергии на одну дождевальную машину составит 43877 кВт × час · 0,8 сом = 35102 сом. При замене стальных труб на пластмассовые уменьшается коэффициент гидравлического трения труб и потери энергии на транспортировку воды. Поэтому мощность насосной станции также может быть уменьшена более, чем в три раза. При работе низконапорной оросительной системы от гидравлической

насосной станции экономическая эффективность только за счет экономии электрической энергии составит не менее 51000 сом /год на одну ДМ.

Литература

1. Produktkatalog "Valley". In Bewässerungsfragen der Name Ihres Vertrauens. Valmont Irrigation. Qualitätssystem. – ISO 9001 Zertifiziert.
2. Слюсаренко В.В., Журавлева Л.А., Рыжко Н.Ф. Опыт эксплуатации ДМ "Фрегат" на низконапорном режиме // МиВх. – 2004. – № 1. – С. 22–24.
3. Высочкина Л.И., Кокурин И.С. Переводить дождевальные системы на низконапорный режим работы нерационально // МиВх. – 2003. – № 3. – С. 39–40.
4. Механизация полива: Справочник / Б.Г. Штепа, В.Ф. Носенко, В.Ф. Винникова и др. – М.: Агропромиздат, 1990. – 336 с.
5. Кондратенко А.А., Фокин Б.П. Модернизация снижает энергоемкость полива дождеванием // МиВх. – 2003. – № 5. – С. 24–27.
6. Патент на изобретение № 501 KG, МКИ А 01 G 25/09. Система управления движением низконапорной дождевальной машины / И.А. Ким, В.К. Цой, А.И. Ким. – Опубл. 30.04.2002. – Бюл. № 4. – 4 с.