

**СИСТЕМЫ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ ДЛЯ ОРОШЕНИЯ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР НА ПРЕДГОРНЫХ ЗОНАХ  
С НЕБОЛЬШИМ ПОВЕРХНОСТНЫМ ПЕРЕПАДОМ**

*Козыкеева А.Т., доктор технических наук*

*Жатканбаева А.О., докторант PhD*

*Таразский государственный университет им. М.Х. Дулати,*

*г. Тараз, Казахстан*

На основе систематизации и системного анализа конструкции системы капельного орошения разработана безнапорная система капельного орошения (БСКО) для сельскохозяйственных культур и методологическое обеспечение их с целью определения параметров оптимизации нормы водоподачи в соответствии с биологическими особенностями растений.

On the basis of systematization and analysis of the systems of construction of the system of tiny irrigation the безнапорная system of tiny irrigation (БСКО) for agricultural cultures and methodological providing are worked out them with the purpose of determination of parameters of optimization of norm of водоподачи in accordance with the biological features of plants.

**Актуальность.** В настоящее время основная часть земель Казахстана, подлежащих орошению, расположена на предгорных и равнинных географических зонах, которые орошаются поверхностным способом и имеют ряд недостатков, главными из которых являются: большой непроизводительный расход поливной воды, возникновение ирригационной эрозии почв и низкий уровень автоматизации и механизации технологического процесса при поливе сельскохозяйственных культур.

Существуют различные системы капельного орошения (СКО), применение которых в орошение сельскохозяйственных культур

ограничивается рядом причин, основные из которых являются: потребность в тонкой очистке поливной воды, необходимость дополнительного насосно-силового оборудования и специальной системы управления, что требует больших капиталовложений от фермерских и крестьянских хозяйств [1-2].

**Цель работы** - разработка конструкции безнапорной системы капельного орошения (БСКО) для сельскохозяйственных культур, не требующих дополнительного насосно-силового оборудования и обеспечивающего равномерное распределение воды по длине поливного трубопровода.

**Результаты исследования.** На основе систематизации и системного анализа конструкций и конструктивных решений определены достоинства, надежность и существующие недостатки капельной системы используемых для орошения сельскохозяйственных культур в различных природно-климатических зонах [3], которые показали возможности разработки безнапорной системы капельного орошения (БСКО) [4].

Техническим решением БСКО является упрощение конструкции капельницы, и снижение стоимости системы, трудоемкости ее обслуживания и повышение надежности работы капельниц. Для этого, штуцер капельницы системы снабжена крышкой, имеющий конический выступ, взаимодействующий с выходным сечением резиновой трубки и свободу перемещения относительно штуцера, а головная часть системы снабжена гидроаккумулятором, гидравлически взаимодействующим с упругой резиновой трубкой капельницы и пневмоаккумулятором. При этом снабжение штуцера крышкой, имеющей в центре конический выступ, обеспечивают упрощения конструкции капельницы. Гидропневмааккумулятор, ниппель, камера гашения в существующих капельницах заменяется одной крышкой с коническим выступом.

Обеспечение крышки свободного перемещения относительно штуцера для взаимодействия конического его выступа с выходным сечением резиновой трубки достигается возможность каплеобразования в капельнице при безнапорном режиме работы системы. Это способствует исключению

необходимости насосной станции, специальной системы управления, а сеть можно приложить низконапорными трубопроводами.

Снабжением головной части системы гидроаккумулятором, гидравлически взаимодействующим с упругой резиновой трубкой капельницы обеспечивает снижение трудоемкости ее обслуживания и повышение надежности работы капельниц [4].

Капельница состоит из штуцера (1), соединенного одним концом с поливным трубопроводом (2), а другим концом с мягкой и упругой резиновой трубкой (3), крышки (4), имеющей конусообразный выступ (5), располагающейся внутри резиновой трубки (3) и отверстия (6), контргайки (7), прокладки (8) (рисунок 1).

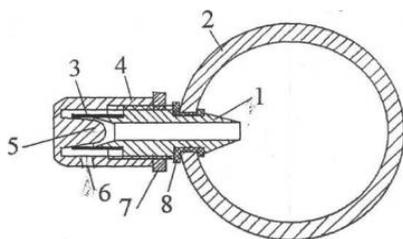


Рисунок 1 - Капельница (1-штуцер; 2-поливной трубопровод; 3-резиновая трубка; 4-крышка; 5-конусообразный выступ; 6-отверстия; 7- контргайка; 8-прокладка)

Для повышения надежности работы безнапорной системы капельного орошения (БСКО) можно использовать упрощенные конструкции капельницы, то есть это достигается снабжением центрального отверстия в мембране капельницы штоком, где свободный конец его выполняется конусообразной поверхностью и располагается в отверстии мембраны, а другой конец закреплен к корпусу капельницы соосно и подвижно достигается надежность работы капельницы независимо от изменения его рабочего положения (рисунок 2)[3].

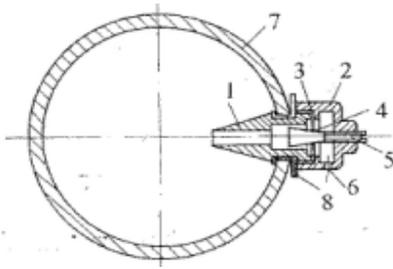


Рисунок 2- Капельница с мембраной с центральным отверстием (1- корпус; 2-крышка; 3-упругая резиновая мембрана; 4-центральное отверстие; 5- подвижный шток; 6- водовыпускное отверстие; 7- поливной трубопровод; 8- манжет.

Разработанная конструкция капельницы состоит из корпуса (1), крышки(2), между которыми расположена упругая резиновая мембрана (3) с центральным отверстием (4), подвижного штока (5), свободный конец, которого имеет конусообразную поверхность и расположен в отверстии (4) мембраны (3), а другой конец подвижно соединен с крышкой (2). Крышка капельницы имеет водовыпускное отверстие (6). При этом капельница присоединена к поливному трубопроводу (7) посредством манжет (8).

Работа капельницы происходит следующим образом, то есть перед проведением полива откручивается подвижной шток (5) и переводят его на крайнее правое положение, соответствующее закрытому состоянию капельницы. Подача воды самотеком из головной части трубопроводной сети, под имеющимся незначительным перепадом (15-20 см), проводят выпуск воздуха из сети и ее заполнение водой.

С наполнением сети водой приступают к запуску капельниц в работу и для чего путем постепенного закручивания штока (5) производят регулирование взаимного расположения конусной части штока (5) и стенкой отверстия (4) упругой резиновой мембраны (2) с целью достижения капле образования.

При постепенном закручивании подвижного штока (5) достигается нужная степень прилегания кольцевой стенки отверстия резиновой мембраны (2) к конусной поверхности штока (5), где будет образовываться зазор, обеспечивающий нужный расход капли. Отрегулированный расход воды

посредством отверстия (6) в крышке (2) подается в виде капли к корням растений.

При изменении нормы водопотребности сельскохозяйственных культур в вегетационный период, расход воды через капельницы изменяется путем изменения рабочего напора в системе, что является отличительной чертой предлагаемой безнапорной системы капельного орошения, позволяющих регулировать подачу воды во временном масштабе в соответствии транспирационной способности растений.

Как известно, капельницы в процессе полива сельскохозяйственных культур неизбежно подвергаются засорению, что приведет к снижению надежности их работы. В предлагаемой конструкции капельницы засорению могут подвергаться отрегулированный зазор между кромкой стенки отверстия (4) мембраны (30) и конусной поверхностью штока (5).

Для проведения профилактики по очистке капельниц производят кратковременное повышение напора в трубопроводной сети (на 0.50-1.00 м).

Это можно произвести, например, перемещением вверх емкости с водой, соединенной к сети поливных трубопроводов. При повышении напора увеличивается диаметр отверстия мембраны и расширяется отрегулированный зазор между стенкой отверстия (4) мембраны (3) и конусной поверхностью штока (5). Находящийся в этой части капельницы нанос подвергается размыву под действием скоростного напора воды. В момент опорожнения емкости одновременно происходит понижение напора в сети и стабилизация его до прежнего состояния.

Капельница является одной из составной частью безнапорной системы капельного орошения, которая состоит из поливных трубопроводов (2) с капельницами (9), распределительного трубопровода (10), на который подсоединен гидроаккумулятор (11) со штуцером (12). Распределительный трубопровод (10) имеет запорный орган (13). Система снабжена также переносным пневмоаккумулятором (14) (рисунок 3) [4].

Перед проведением полива производят наполнение поливной трубопроводной сети (2) капельной системы водой, подачей ее из головной части самотеком, под имеющимся незначительным перепадом (15-20 см) и выпуском воздуха из сети в атмосферу. При этом крышка (4) капельницы системы находится в крайнем правом положении.

С окончанием наполнения трубопроводной сети водой приступают к запуску капельниц в работу. Для чего путем постепенного откручивания крышки (4) капельницы (9) производят регулирование взаимного расположения конусного выступа (5) и выходного сечения резиновой трубки (3) с целью достижения каплеобразования.

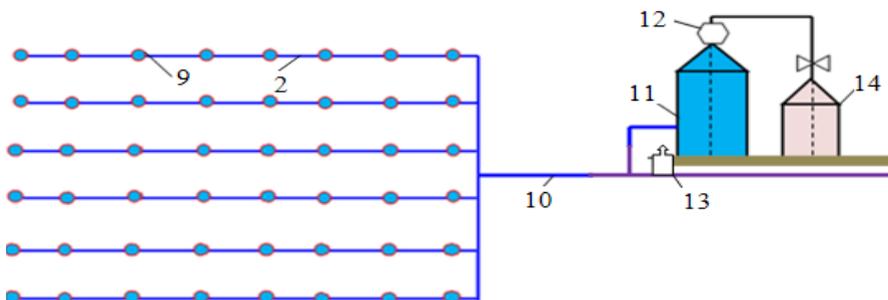


Рисунок 3 – Схема безнапорной системы капельного орошения

В момент прекращения подачи воздуха из пневмоаккумулятора (14) в гидроаккумулятор (11) одновременно происходит понижение напора в сети, а открытием запорного органа (13) - стабилизация его до прежнего значения.

Для выбора оптимального параметра гидроаккумулятора принимают, что система обслуживает  $S$  гектар площади и содержит  $N$  капельниц.

Площадь орошаемого микроучастка ( $S$ ) определяется в зависимости от оптимальной длины поливного трубопровода ( $l_{nm}$ ) и схемы посадки сельскохозяйственных культур ( $b_k$ ), то есть  $S = l_{nm} \cdot b_k$ .

Количество капельницы ( $N$ ) необходимые для полива сельскохозяйственных культур на микроучастке можно определить по следующей формуле:  $N = l_{nm} \cdot n_{nm} / l_k$ , где  $n_{nm}$  – количество поливного трубопровода в микроучастке;  $l_k$  – расстояние между капельницами. Если для очистки одной капельницы затрачивается  $w$  воды, тогда для промывки модульной капельной системы потребуется объем воды:  $V = w \cdot N$  ( где  $V$  – объем гидроаккумулятора заполненной водой), а в пневмоаккумуляторе емкостью  $V_n$  должен находится сжатый воздух.

Элементами техники капельного орошения является норма и продолжительность полив, обеспечивающих равномерное увлажнение корнеобитаемой системы сельскохозяйственных культур.

Движение воды в почве при капельном орошении происходит капиллярным путем во всех направлениях при малом влиянии гравитации. Степень насыщения влагой контура увлажнения происходит за счет создающегося градиента общего водяного натяжения, который меньше вблизи капельницы и больше в периферийной зоне увлажняемой площади. Создающийся градиент водного натяжения и образует контур увлажнения, то есть площадь и объем которого (за счет техники и технологии полива) доводится до равнозначной площади распространения корней растений. При этом следует отметить, при капельном орошении в зоне расположения капельницы образуются контуры увлажнения примерно одинаковой эллиптической параболоиды [5-6].

Общий объем увлажненного контура эллиптической параболоиды ( $V$ ) определялся согласно опытным данным по зависимости:  $W = 0.5 \cdot \pi \cdot R^2 \cdot h = 1.570796 \cdot R^2 \cdot h$ , где  $h$  – высота эллиптической параболоиды;  $R$  – радиус эллиптической параболоиды [5]. При этом высота эллиптической параболоиды ( $h$ ) характеризует мощность корневой системы сельскохозяйственных культур ( $H(T)_i$ ), который определяется по следующей зависимости [7]:  $H(T)_i = \lambda \cdot H(T)_k \left\{ 1 - \exp \left[ - (2 \cdot T_i / T_k)^2 \right] \right\}$ , где  $H(T)_i$  –

мощность корневой системы, м;  $\lambda$  - масштабный коэффициент, который больше единицы, обеспечивающий условие: при  $T_i = T_k$  величину  $H(T)_i = H(T)_k$ .

С другой стороны высоту эллиптической параболоиды ( $h$ ) можно определить на основе слоя впитывания воды в почву в процессе капельного орошения по формуле [8]:

$$h = [(\beta_{нв} - \beta_i) / (\beta_{нв} - \beta_0)] [(V_0 - K_{\phi}) / K_b [1 - \exp(-K_b \cdot t)] + K_{\phi} \cdot t,$$

где  $K_{\phi}$  - коэффициент фильтрации почвы при полном насыщении;  $\beta_i$  - начальная влажность почвы;  $\beta_{нв}$  - наименьшая влажность почвы;  $\beta_0$  - содержание связанной влаги в единице объема почвы, принимаемое равным максимальной молекулярной влагоемкости;  $V_0$  - скорость впитывания в конце первого часа;  $K_b$  - коэффициент, зависящий от свойства и влажности почвы;  $t$  - время впитывания воды в почву.

Следовательно, на основе совместного решения уравнений, характеризующих мощность корнеобитаемого слоя растений ( $H(T)_i$ ) в зависимости от продолжительности вегетационного периода ( $T_i$ ) и слоя впитывания воды в почву ( $h$ ) в процессе капельного орошения, можно определить продолжительность полива капельного орошения до оптимального увлажнения корневой системы растений.

Радиус эллиптической параболоиды ( $R$ ) можно определить по формуле:

$$R = [(\beta_{нв} - \beta_i) / (\beta_{нв} - \beta_0)] [(V_0 - K_{\phi}) / K_b [1 - \exp(-K_b \cdot t)]].$$

Индивидуальная поливная норма, то есть количество воды, необходимое для создания расчетного контура увлажнения под одно растение можно определить по уравнению:  $m_H = W \cdot d \cdot (\beta_{нв} - \beta_i) / 100$ , где  $W$  - общий объем увлажненного контура, м<sup>3</sup>;  $\beta_{нв}$  - наименьшая влагоемкость почвы, в % от веса сухой почвы;  $\beta_i$  - предполивная влажность почвы, в % от НВ.

Расчетная продолжительность полива ( $t_k$ ) определяется отношением индивидуальной поливной нормы ( $m_n$ ) к норме расхода капельницы ( $q_k$ ):  
$$t_k = m_n / q_k.$$

Межполивной период ( $T_{mn}$ ) можно определить как отношение поливной нормы ( $m_p$ ) к среднесуточному водопотреблению (транспирационной способности) растений ( $\Delta E_{cp} = T$ ):  $T_{mn} = m_p / T$ .

Таким образом, технические средства капельного орошения с методологическим обеспечением для определения режима орошения позволит обеспечить экономное и рациональное использование водных ресурсов в орошаемом земледелии, создать оптимальное условие для роста и развития сельскохозяйственных культур в сравнении с традиционным способом полива по бороздам.

**Выводы и заключение:** Безнапорная система капельного орошения с техническими средствами подачи воды в почвы при создании определенных условий и соблюдении агротехнических требований возделывания сельскохозяйственных культур позволяет в аридной зоне Казахстана обеспечивать создания высокоэффективных орошаемых микроучастков для фермерских и крестьянских хозяйств. Для оптимизации геометрических параметров контура увлажнения, где предполивной уровень влагосодержания, тип, гранулометрический состав и водно-физические свойства почвы, взаимное расположение капельных линий, расходно-напорная характеристика капельных водовыпусков и давление в системе являются основными факторами, необходимо обеспечивать минимальные затраты воды на формирование урожая сельскохозяйственных культур и сохранение эволюционного направления.

### Библиографический список

1. Безопасные системы и технологии капельного орошения: научный обзор [Текст] / ФГНУ «РосНИИПМ». – М.: ЦНТИ «Мелиоводинформ», 2010. – 52 с.
2. Налойченко А.О. Режим орошения виноградников при капельном увлажнении [Текст] / Налойченко А.О., Атаканов А.Ж. // Киргизский НИТИ. - 1985. -№139 (3637). - серия 68.31. -12 с.
3. Зубаиров О.З., Таттибаев А.А., Жатканбаева А.О., Таттибаев Х.А. Безнапорная система капельного орошения // Предварительный патент №20096, 2008.- 4 с.
4. Зубаиров О.З., Таттибаев А.А., Жатканбаева А.О., Таттибаев Х.А. Капельница // Предварительный патент № 20097.- 2008.- 3 с.
5. Зубаиров О.З., Жатканбаева А.О. Исследования контура увлажнения и режима орошения почвы при капельном орошении // Водное хозяйство Казахстана, 2006. -№1(9).- С.9-12
6. Мустафаев Ж.С. Локальное поверхностное орошение по бороздам [Текст] / Мустафаев Ж.С., Абжапаров Б.М., Абдикаримов С., Пулатов К. //Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана.-1990.- №6.- С.73-77.
7. Мустафаев Ж.С. Почвенно-экологическое обоснование мелиорации сельскохозяйственных земель в Казахстане.- Алматы: Гылым, 1997.358 с.
8. Козыкеева А.Т., Абдикеримов С.А., Жатканбаева А.О. Капельная система для орошения сельскохозяйственных культур в аридной зоне Казахстана // Труды международной научно-практической конференции: «АУЕЗОВСКИЕ ЧТЕНИЯ-13: «НҰРЛЫ ЖОЛ» стратегический шаг на пути индустриально-инновационного и социальноэкономического развития страны».- Шымкент, 2015.- С. 144-149.