

ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НАВЕСНОГО ДОЖДЕВАТЕЛЯ ДЛЯ ПОЛИВА МЕЛКОКОНТУРНЫХ УЧАСТКОВ ОВОЩЕЙ

М.А.ЖАРСКИЙ, к.т.н. (БГСХА)

В Беларуси производством овощей занимается около 2/3 хозяйств, из них абсолютное большинство возделывает их на малых площадях (до 8 га). Опыт показал, что в таких условиях эффективно применение малогабаритной техники (тракторов классов 0,4 и 0,6 с необходимым набором сменного оборудования).

В Нечерноземной зоне России хозяйства овоще-животноводческого направления определились в основном в размере 8...36 га [1], поэтому комплекс машин здесь базируется на энергосредствах класса 0,6 (Т-30, МЭС-0,6 и др.).

При возделывании овощей очень важно обеспечить высококачественный механизированный полив не только в период посадки и приживления растений, но и на протяжении всего вегетационного периода в соответствии с водопотреблением. Исследования в России показали высокий уровень рентабельности систематического полива овощей и корнеплодов: капусты поздней 248 %, лука-репки 94,8 %, сахарной свеклы 75 % [2].

В связи с этим целесообразно создать навесной дождеватель на базе трактора Беларусь-320 с приводом насоса от вала отбора мощности (вторая ступень - $n=1000$ мин⁻¹). Конструктивное решение должно обеспечивать быстрое навешивание и снятие дождевателя, чтобы использовать трактор на других работах, а также применение его в двух вариантах полива; насос - дождеватель, насос-разборный (или гибкий) трубопровод

- дождеватель. Универсальное использование базового трактора даст возможность снизить себестоимость полива, так как только часть стоимости его, и притом небольшая, будет отнесена к поливным работам.

Эффективное использование таких дождевателей возможно при расположении участков овощей вблизи водоемчиков. Возможности применения их расширятся с созданием адаптивных мелиоративных систем на микроводосборах с устройством прудов-копаней. При норме орошения 200...250 м³/га местный сток может обеспечивать 2-3 полива за сезон [3].

Представленная ниже методика расчета технологических параметров дождевателя базируется в основном на уравнениях, полученных автором при исследованиях дождевальных аппаратов, машин и систем.

При позиционном действии дождеватель должен полностью загружать двигатель трактора. Исходя из этого можно определить мощность потока в стволе дождевального аппарата

$$N = N_d \eta_{nv} \eta_{cp} \eta_n \eta_d, \quad (1)$$

где N_d - мощность двигателя; η_{nv} , η_{cp} , η_n , η_d - соответственно к.п.д. привода вала отбора мощности (ВОМ), согласующего редуктора (ВОМ и вала насоса), насоса, дождевателя.

Качество дождя и пригодность его для полива различных растений определяется по среднему диаметру каплей d_x обычно в конце струи, где они самые большие.

А.П. Исаевым [4] экспериментально получена зависимость d_x от числа Рейнольдса Re и диаметра выходящего сечения сопла d_0 дождевального аппарата. Путем некоторых преобразований ее можно привести к виду

$$N_0 = 1,126 \cdot 10^{-4} / (\varphi d_x)^2, \quad (2)$$

где N_0 - напор в стволе аппарата;

φ - коэффициент скорости.

Эта формула позволяет вычислять необходимый напор в стволе аппарата для получения заданной величины d_x в конце струи, которая по агротехническим требованиям должна быть не более 1,0...2,0 мм [5]. В качестве примера можно показать, что при угле конусности сопла $\alpha = 45^\circ$ и соответствующем ему коэффициенте $\varphi = 0,954$ для получения диаметра каплей 1 мм требуется напор $N_0 = 123,7$ м, 1,5 мм - 55,0 м, 2,0 мм - 30,9 м. Следовательно, чтобы не создавать чрезмерные напоры N_0 , допустимый интервал d_x следует сузить примерно до 1,3...2,0 мм.

Зная мощность потока N и напор N_0 в стволе дождевального аппарата, получим необходимый расход жидкости

$$Q = N / (\rho g H_0), \quad (3)$$

где ρ - плотность жидкости; g - ускорение свободного падения.

Диаметр сопла, соответствующий этому расходу

$$d_0 = \sqrt{4Q / (\mu \sqrt{2gH_0})}, \quad (4)$$

где μ - коэффициент расхода.

Для конического сопла длиной

примерно $3 d_0$ и углах конусности $\alpha = 15...150^\circ$ в автомобильной области (при $Re \geq 5 \cdot 10^4$) справедливы следующие формулы для вычисления коэффициентов скорости и расхода [6].

$$\varphi = 1 - 0,12 \sin(\alpha/2), \quad (5)$$

$$\mu = 1 - 0,4 \sin(\alpha/2), \quad (6)$$

(В средне- и дальноструйных аппаратах обычно $\alpha = 20...90^\circ$).

В случае применения многосоплового аппарата формула (4) соответствует приведенному диаметру сопла

$$d_{0,mp} = \sqrt{\sum d_{0i}^2}, \quad (7)$$

где d_{0i} - диаметр каждого сопла.

Если аппарат двухсопловый, то диаметр вспомогательного сопла рекомендуется принимать равным $d_0/3$ [5].

Оптимизация параметров основного сопла заключается в том, что по полученным выше значениям определяется относительный напор

$$\epsilon_n = H_0/d_0, \quad (8)$$

который должен быть по условию неповреждаемости растений в рекомендуемых пределах: для рассады - 2400...2600, для взрослых сельскохозяйственных культур - 1700...2200 [5]. В указанных пределах ϵ_n затраты мощности на образование струи близки к минимальным.

Радиус действия дождевателя (без учета влияния высоты сопла над поверхностью поля) [6]

$$R_0 = 2 k_R \varphi^2 k_n \epsilon_n d_0 \sin 2\theta_0, \quad (9)$$

где k_R - коэффициент, учитывающий влияние вращения ствола на дальность полета струи;

k_n - коэффициент сопротивления воздуха полету струи;

θ_0 - оптимальный начальный угол наклона струи к горизонту.

Коэффициент k_R зависит от частоты и способа вращения ствола аппарата [6]

$$k_R = k_n (1 - 0,14 n_\epsilon), \quad (10)$$

где k_n - коэффициент неравномерности вращения ствола;

n_ϵ - частота вращения ствола, мин⁻¹.

При равномерном вращении ствола $k_n = 1,0$, а при неравномерном - $k_n = 0,89...0,85$ (уменьшает-

ся с увеличением n_ϵ).

Найденным значениям H_0 и d_0 соответствует определенный критерий распада дождевальной струи [7]

$$Zs = \frac{\sigma \sqrt{2H_0/g}}{\rho v d_0}, \quad (11)$$

где σ - поверхностное натяжение жидкости (для воды 0,0726 Н/м при температуре 20°C);

v - кинематическая вязкость жидкости.

Если $Zs < 4000$, то следует принимать в (9) коэффициент сопротивления воздуха $k_n = 1,0$, так как такая струя, не распадаясь на значительной части своей длины, подчиняется закону полета в безвоздушном пространстве. При $Zs > 4000$ коэффициент сопротивления воздуха в пределах $\epsilon_n = 500...3000$ с достаточной точностью подчиняется зависимости [6]

$$k_n = 10,63 \epsilon_n^{-0,378}, \quad (12)$$

Как показали теоретические и экспериментальные исследования, каждому значению ϵ_n соответствует оптимальный угол θ_0 наклона ствола аппарата к горизонту, при котором достигается наибольшая дальность полета струи [6]

$$\theta_0 = 2 \arccos(0,93 + 1,41 \cdot 10^{-3} \epsilon_n). \quad (13)$$

С уменьшением относительного напора оптимальный угол θ_0 возрастает, приближаясь к теоретической величине 45° (при полете струи в безвоздушном пространстве).

Если высота установки дождевального аппарата h_c (от поверхности поля до выходного сечения основного сопла) больше 0,5 м, то она существенно влияет на радиус его действия. Приращение последнего ΔR в зависимости от h_c можно вычислить по формуле [6]

$$\Delta R = 0,5 R_0 \left[\sqrt{1 + 4h_c / (R_0 \cdot \text{tg} \theta_0)} - 1 \right], \quad (14)$$

С учетом этого полный радиус действия дождевателя (м) и средняя интенсивность дождя (мм/мин) равны

$$R = R_0 + \Delta R, \quad (15)$$

$$j_0 = 6 \cdot 10^4 Q / (k\beta \pi R^2), \quad (16)$$

где $k\beta = \beta/360$ - коэффициент, учитывающий полив по сектору с

углом β° (при поливе по кругу $k\beta = 1,0$).

Расчеты по вышесказанной методике показали, что двигатель трактора "Беларусь-320" ($N_d = 24,6$ кВт) может быть загружен полностью дальноструйным дождевателем типоразмера ДД-30. При диаметре сопла $d_0 = 30$ мм (в двухсопловом варианте $d_0 = 28,5$ мм и $d_0 = 9,5$ мм) и напоре $H_0 = 68$ м расход воды составляет 22 л/с и радиус действия 65 м, что позволяет поливать с одной позиции площадь примерно 1,3 га при средней интенсивности дождя $j_0 = 0,1$ мм/мин. Судя по относительному напору $\epsilon_n = 2300$, получается дождь, пригодный даже для полива рассады овощей притом при минимальных энергозатратах. Поливную норму в 300 м³/га можно выдать за 4,9 ч.

Литература

1. Келлер Н.Д. Малая механизация и основы мелкоконтурного земледелия /Тракторы и сельхозмашины, 1998, №11. - С.11-13.
2. Колганов А.В., Колбачев Е.Б., Щедрин В.Н. Пути организационного развития мелиорации и водного хозяйства России в период экономических реформ. - М.: ЦНТИ "Мелиоводинформ", 1998. - 117 с.
3. Минаев И.В. Адаптивные мелиоративные системы для нечерноземной зоны /Мелиорация и водное хозяйство, 1999 №3. - С. 42...44.
4. Исаев А.П. Гидравлика дождевальных машин. - М.: Машиностроение, 1973. - 216 с.
5. Лебедев Б.М. Дождевальные машины. Теория и конструкции. - М.: Машиностроение, 1977. - 244 с.
6. Жарский М.А. Гидравлические расчеты и оптимизация параметров дождевальных машин и систем. - Горки: БСХА, 1995. - 40 с.
7. Жарский М.А. Критерий распада дождевальной струи /Повышение эффективности использования сельскохозяйственной техники. Материалы междунар. научно-произв. конференции. - Горки: БСХА, 1998. - С. 135...136.