

ПНЕВМОГИДРАВЛИЧЕСКОЕ УСТРОЙСТВО СОЗДАНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ДОЖДЯ

Роман Захаров, Ульяна Губская

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Аннотация. Рассмотрены возможные направления совершенствования устройств создания искусственного дождя, предложена конструкция нового пневмогидравлического устройства создания искусственного дождя, которое обеспечит снижение энергозатрат при эксплуатации и высокое качество искусственного дождя; выполнена оценка технико-экономических показателей этого устройства при оптимальном соотношении конструктивных параметров.

Ключевые слова: орошение, дождевание, устройство, насадка, интенсивность, экономичность.

ВВЕДЕНИЕ

Орошение сельскохозяйственных культур необходимо в зонах недостаточного и неустойчивого естественного увлажнения. В Украине площадь орошения равна 2,45 млн. га или около 6% сельхозугодий. При этом засушливая степная природно-климатическая зона составляет 40% территории Украины и недостаточно увлажненная лесостепная еще 35%. Высокопродуктивное выращивание сельскохозяйственных культур на этих территориях возможно только при условии дополнительного искусственного увлажнения почв, т.е. орошения.

На большинстве орошаемых площадей оросительных систем Украины определяющим способом полива является дождевание. Подача воды в закрытые оросительные сети осуществляется подкачивающими насосными станциями, которые являются основными потребителями энергии. В современных экономических условиях резкое повышение стоимости энергоносителей и тарифов на электроэнергию приводит к тому, что орошение дождеванием становится для большинства сельскохозяйственных культур практически нерентабельным. Вследствие этого значительная часть орошаемых земель перешла и продолжает переходить в разряд неорошаемых или частично орошаемых.

Подача воды на орошаемые участки в большинстве случаев производится по следующей схеме. Из открытого источника с помощью подкачивающей насосной станции вода подается в закрытый напорный трубопровод, по которому вода транспортируется непосредственно до орошаемого участка. На орошаемом участке происходит разделение потока по распределительным трубопроводам и транспортирование воды до дождевальных машин. Переход воды из состояния водяного потока в состояние почвенной влажности происходит путем распыления воды в дождь с помощью специальных дождевальных устройств и дальнейшего впитывания искусственного дождя почвой. Поэтому общие энергозатраты при орошении складываются из двух основных составляющих: энергозатраты на транспортирование воды от водисточника до орошаемого участка, включая на распределение воды по территории орошаемого участка, и энергозатраты непосредственно на поливном участке на переход воды в состояние почвенной влажности. При дождевании именно на поливном участке происходят основные

затраты энергии на распыление воды и именно на этой стадии технологического процесса необходима и возможна существенная экономия энергии.

Достижение целей по энергосбережению может вестись по нескольким направлениям. Одним из направлений снижения требуемых напоров в точке подключения на поливном участке является изменение конструкции рабочих органов дождевальных устройств.

АНАЛИЗ УСТРОЙСТВ СОЗДАНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ДОЖДЯ

Дождевание имеет ряд преимуществ по сравнению с другими способами орошения: лучше увлажняется приземный слой воздуха; требуется меньше затрат на подготовку участка в связи с отсутствием необходимости тщательной планировки поверхности; меньше разрушается структура почвы при обеспечении высокой интенсивности полива; возможно внесение в почву водорастворимых удобрений или средств для борьбы с вредителями; обеспечивается более высокий уровень механизации полива [7].

Орошение дождеванием заключается в подаче воды на поверхность орошаемого участка, в приземный слой воздуха и растения в виде капель искусственного дождя, создаваемого специальными устройствами – дождевателями [6].

Рабочие органы дождевальных устройств предназначены для преобразования водного потока в дождевые капли, транспортирования капель на определенные расстояния и распределения их по площади полива. Качеством работы дождевателей определяется качество как собственно дождя, так и качество полива в целом, по их работе оценивается качество работы всей дождевальной машины или установки [5].

Рабочие органы дождевателей (дождевальные насадки и аппараты) подразделяют главным образом по дальности разбрызгивания и значению манометрического напора воды на выходе из устройства на три группы [6, 7]: короткоструйные (низконапорные) с дальностью полета капель до 8 м и напором воды менее 0,15 МПа; среднеструйные (средненапорные) с дальностью полета капель до 35 м и напором воды от 0,15 до 0,5 МПа; дальнеструйные (высоконапорные) с дальностью полета капель до 60 м и напором воды свыше 0,5 МПа.

Короткоструйные рабочие органы выполняют, в основном, в виде дождевальных насадок. Находят применение дефлекторные, половинчатые, щелевые и центробежные разбрызгивающие насадки. В настоящее время наибольшее распространение получили дефлекторные насадки.

Достоинствами дефлекторных насадок, отличающими их от других устройств создания искусственного дождя, являются простота конструкции, хорошее качество создаваемого искусственного дождя и меньшие затраты энергии на его создание из ряда существующих устройств.

Одними из положительно себя зарекомендовавших являются щелевые дефлекторные насадки, устанавливаемые на широкозахватных электрифицированных многоопорных самоходных дождевальных машинах фронтального перемещения ЭДМФ «Кубань Л». Расходно-напорные характеристики этих насадок с диаметром сопла $d=6; 6,5; 7,0; 7,5$ и 8,0 мм приведены на рис. 1.

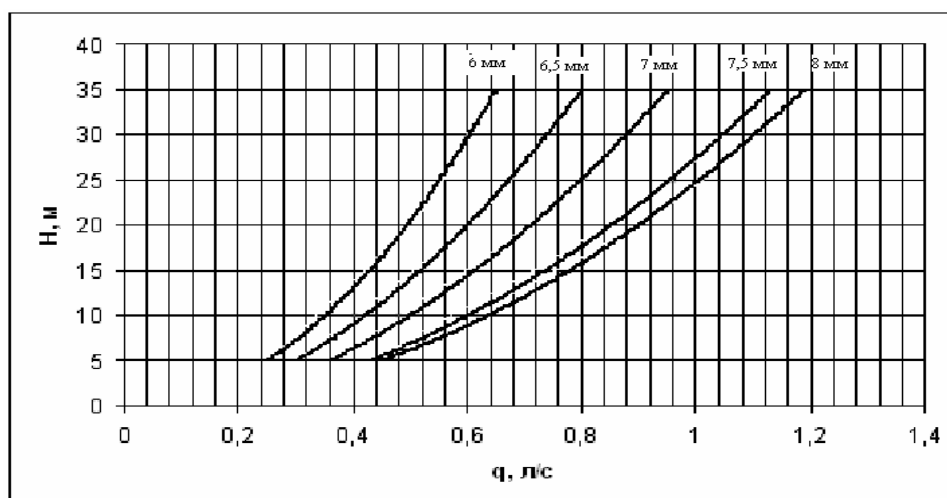


Рис.1. Расходно-напорная характеристика щелевой дефлекторной насадки ЭДМФ «Кубань Л»

Fig. 1. Expense-pressure description of crack deflector nozzle is EDMF «Kuban' L»

ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ

Орошение дождеванием, несмотря на все положительные аспекты, является в настоящее время слишком дорогостоящим вследствие необходимости поддержания требуемых значительных рабочих напоров для обеспечения транспортирования воды к орошаемому участку и процесса перехода воды из состояния водного потока в состояние почвенной влажности. Существенным также является то, что при использовании и дефлекторных насадок, в том числе, существует необходимость поддержания относительно высоких значений напоров воды в точке выхода из сопла на дефлектор.

Поэтому, в первую очередь, как основную цель следует рассматривать изменения технологии полива в направлении уменьшения рабочих напоров.

Кроме этого существующие рабочие органы дождевальных устройств не в полной мере обеспечивают однородность капель искусственного дождя по величине и равномерность интенсивности их распределения по площади полива в разных эксплуатационных условиях. Эти недостатки являются помехой создания оптимальных условий, благоприятных для роста и развития растений, и, как результат, для повышения урожайности.

Как одно из основных направлений совершенствования устройств создания искусственного дождя для уменьшения их энергоёмкости должно рассматриваться изменение принципа действия и, соответственно, конструкции рабочего органа, применение инновационных подходов к техническим и технологическим мероприятиям, направленным на повышение эффективности работы отдельных элементов и системы в целом [2].

Вследствие этого одной из основных задач совершенствования устройств создания искусственного дождя является такая оптимизация конструктивных и

технологических параметров рабочих органов и всего устройства в целом, при которой будет достигаться существенное повышение энергоэффективности работы таких устройств без ухудшения качественных и количественных характеристик искусственного дождя.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

Одним из наиболее перспективных на наш взгляд является следующий путь изменения в конструкции устройства создания искусственного дождя – замена гидравлического устройства создания искусственного дождя на «пневмогидравлическое устройства создания искусственного дождя (ПГУ)» [4]. Основной отличительной конструктивной особенностью нового устройства является подведение в водопроводящий пояс сжатого воздуха по воздуховоду от компрессора. Воздуховод заканчивается соплом, из которого будет выходить с определённым давлением сжатый воздух. При выходе из сопла струи сжатого воздуха вокруг сопла будет образовываться область пониженного давления, и за счёт разницы давлений струей воздуха будет захватываться и увлекаться к выходному отверстию некоторый объём окружающей сопло воды, образуя за соплом водовоздушную смесь, а за выходным отверстием – водовоздушное облако. Для создания необходимых условий образования водовоздушной струи сопло в устройстве перенесено внутрь объёма воды, ограниченного стенкой водопроводящего пояса с выходным отверстием напротив сопла. Функцию дефлектора будет выполнять внешняя окружающая устройство среда – воздух – по принципу струйных аппаратов: водовоздушная струя при вытекании из выходного отверстия сталкивается с объёмом воздуха, ударяется об него и постепенно распадается на мелкодисперсные капли [4].

Принципиальная конструктивная схема пневмогидравлического устройства создания искусственного дождя представлена на рис. 2. На рисунке обозначены: 1 – водопроводящий пояс; 2 – входное отверстие; 3 – воздуховод; 4 – подводящий монтажный элемент; 5 – сопло; 6 – выходное отверстие; 7 – сжатый воздух; 8 – вода; 9 – водовоздушная смесь; 10 – воздух; 11 – водовоздушное облако; 12 – магистральный воздуховод.

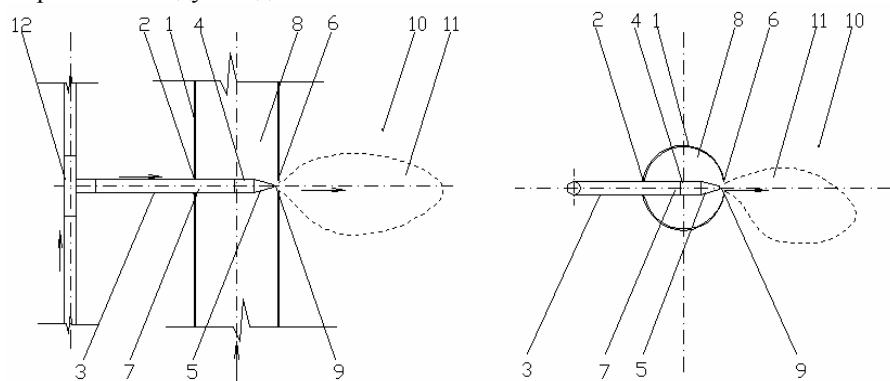


Рис. 2. Пневмогидравлическое устройство создания искусственного дождя

Fig. 2. Pneumatic hydraulic device of creation of artificial rain

Предлагаемые изменения обеспечат снижение энергозатрат и высокое качество искусственного дождя с возможностью регулирования равномерности распределения искусственного дождя в пространстве, и тем самым общее повышение эффективности использования данного устройства.

Для определения оптимального соотношения конструктивных параметров ПГУ в лабораторных условиях были проведены следующие экспериментальные исследования: осуществлялся распыск воды постоянного объёма через свободное выходное отверстие, выходное отверстие, совмещенное с камерой смешения в виде длинного диффузора и выходное отверстие, совмещенное с камерой смешения в виде укороченного диффузора при последовательном изменении диаметров сопла насадок d_n (2,5; 3,0; 3,5; 5,0 мм) в сочетании с поочередным изменением длины насадок l_n (35, 55, 75 мм) при соответствующих углах конусности α относительно оси ($7,3^\circ$; $5,2^\circ$; $3,8^\circ$), диаметров выходного отверстия $d_{отв}$ (10; 20 мм) и расстояния от сопла до выходного отверстия r (d_n ; $2d_n$; $3d_n$) [3].

По предварительным оценкам, наиболее оптимальным сочетанием конструктивных параметров ПГУ, обеспечивающим создание требуемого качества искусственного дождя, является насадка длиной $l_n = 55$ мм с $\alpha = 5,2^\circ$ с диаметром сопла $d_n = 3,0$ мм и диаметром выходного отверстия $d_{отв} = 20$ мм с камерой смешения в виде укороченного диффузора при расходе воды $Q = 0,27$ л/с и расстоянии от сопла до выходного отверстия равном $r = 2d_n$.

Расходно-напорная характеристика ПГУ при оптимальных конструктивных параметрах представлена на рис. 3.

С пневмогидравлическим устройством, оптимальные конструктивные параметры которого были предварительно рассчитаны аналитически и протестированы на лабораторной экспериментальной установке, были проведены дополнительные лабораторные экспериментальные исследования по методикам и с использованием расчетных формул, изложенных в [1], с целью определения уточненных значений характеристик основных параметров искусственного дождя, а именно: среднего диаметра капель $d_{ср}$ и средней интенсивности дождя $i_{ср}$.

Также выполнена оценка технико-экономических показателей существующего (базового) и предлагаемого (нового) устройств создания искусственного дождя путём сравнения параметров насадки дождевальной машины ЭДМФ «Кубань Л» [7], которая принята за базовую, и пневмогидравлического устройства с оптимальным сочетанием конструктивных параметров в пересчёте на одну дождевальную насадку. В виде источника сжатого воздуха при работе ПГУ использовался компрессор с приводом от электродвигателя.

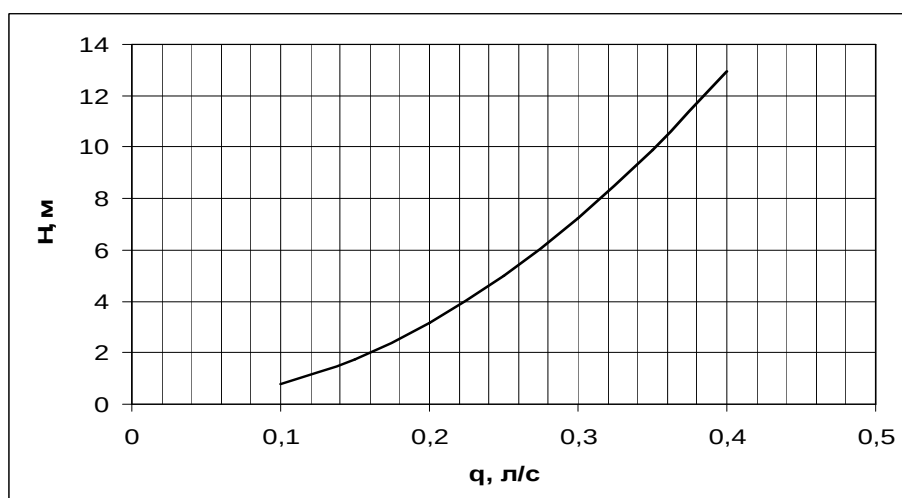


Рис. 3. Расходно-напорная характеристика ПГУ при оптимальных конструктивных параметрах

Fig. 3. Expense-pressure description PGD at optimum structural parameters

Результаты технико-экономического сравнения параметров устройств создания искусственного дождя с учетом результатов дополнительных экспериментальных лабораторных исследований ПГУ при оптимальных конструктивных параметрах приведены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты технико-экономического сравнения параметров устройств создания искусственного дождя
Table 1. Results of technical-economic comparison of parameters of devices of creation of artificial rain

Параметры	Устройство создания искусственного дождя	
	Насадка МДЭФ «Кубань»	ПГУ в пересчете на одну насадку
Диаметр выходного отверстия $d_{\text{отв}}$, мм	14	20
Диаметр сопла $d_{\text{н}}$, мм	6	3
Длина насадки $L_{\text{н}}$, мм	50	55
Угол конусности α , град	-	5,2
Расход воды q , л/с	0,385	0,270
Средний диаметр капель дождя $d_{\text{ср}}$, мм	1,00	1,07
Средняя интенсивность дождя $\rho_{\text{ср}}$, мм/мин	1,30	1,268
Удельные средние энергозатраты в расчете на 1 насадку $\mathcal{E}_{\text{нас}}$, кВт·час	0,86	0,739
Показатель экономичности E	1	1,16

ВЫВОДЫ

На основании результатов проведенных экспериментальных исследований установлено, что предложенная конструкция пневмогидравлического устройства создания искусственного дождя обеспечивает сохранение хороших параметров качества искусственного дождя (интенсивности дождя, крупности капель и других).

Благодаря трансформации активной среды «вода» на активную среду «воздух» пневмогидравлическое устройство создания искусственного дождя будет менее энергоёмким при эксплуатации по сравнению с существующими устройствами.

По предварительным оценкам при работе пневмогидравлического устройства создания искусственного дождя затраты на потребление электроэнергии снизятся на 16 %, что обусловит существенную экономию денежных средств на эксплуатацию.

ЛИТЕРАТУРА

1. Галузевий стандарт України. ВНД 33-4.3-01-98. Машини і установки дощувальні. Програми, методи випробувань і оцінок. – К.: Держкомводгосп України, 1998. – 131 с.
2. Губская У.А., 2009: Инновационные технологии устройств создания искусственного дождя. //Материалы научно-практического семинара «Совместные воды – совместные воздействия». – Симферополь: КНЦ НАН и МОНУ, – С. 31.
3. Захаров Р.Ю., Губская У.А., 2009: Методы и способы совершенствования устройств создания искусственного дождя. //Строительство и техногенная безопасность. Вып. 29. – Симферополь: НАПКС, – С. 71-77.
4. Захаров Р.Ю., Луньов Д.В., Губська У.А., 2009: Пристрій створення штучного дощу./Патент України на корисну модель № 43658, МПК A01 G25/00.; заявник і власник Національна академія природоохоронного та курортного будівництва; заявка № u200903039 від 31.03.2009 р.; опубліковано 25.08.2009 р., Бюл. №16.
5. Сандигурский Д.М., Безроднов Н.А., 1983: Механизация поливных работ. – М.: Колос, – 365 с.
6. Сапунков А.П., 1984: Механизация полива дождеванием. – М.: Агропромиздат, – 384 с.
7. Штепа Б.Г., Носенко В.Ф., Винникова Н.В. и др., 1990: Механизация полива: Справочник. – М.: Агропромиздат, – 336 с.

PNEUMATIC HYDRAULIC DEVICE OF CREATION OF ARTIFICIAL RAIN

Roman Zakharov, Ulyana Gubska

Summary. Possible directions of perfection of devices of creation of artificial rain are considered, construction of a new pneumatic hydraulic device of creation of artificial rain, which will provide the decline of expense of energy during exploitation and high quality of artificial rain, is offered; assessment of technical-economic indicators of this device at optimum correlation of structural parameters is executed.

Key words: irrigation, artificial rain, device, nozzle, intensity, economies.