

УДК 631.674.5+621.647.38

## ДОЖДЕВАЛЬНАЯ НАСАДКА С РЕГУЛИРУЕМЫМИ ГИДРАВЛИЧЕСКИМИ ПАРАМЕТРАМИ

**А.М. Кравцов,**

*зав. каф. гидравлики и гидравлических машин БГАТУ, канд. техн. наук, доцент*

**Д.С. Шахрай,**

*ассистент каф. основ научных исследований и проектирования БГАТУ, магистр техн. наук*

**С.С. Попко,**

*студент агромеханического факультета БГАТУ*

*В статье рассмотрено перспективное направление развития дождевальной техники. Предложена конструкция дождевальной насадки с водо-воздушным эжектором для получения дождя с регулируемой дисперсностью капель и интенсивностью полива. Представлены результаты экспериментальных исследований дождевальных насадок. Установлены взаимосвязи между определяющими параметрами, которые влияют на эффективность работы дождевальной насадки с эжектором.*

*Ключевые слова: орошение сельскохозяйственных культур, дождевание, дождевальная насадка, водовоздушный эжектор, параметры искусственного дождя.*

*The article deals with the state and prospects of further development of sprinkler equipment. The design of sprinkler with water-air ejector for obtaining artificial rain with adjustable droplet dispersion and irrigation intensity is proposed. New results of experimental researches of sprinkler are presented. The relationships between determining parameters that affect the efficiency of sprinkler with ejector are established.*

*Keywords: crop irrigation, sprinkler irrigation, sprinkler, water-air ejector, parameters of artificial rain.*

### Введение

Преобразование сельского хозяйства в высоко-развитый сектор экономики невозможно без ослабления его зависимости от неблагоприятных природно-климатических условий. В период роста и развития растений погода приобретает первостепенное значение в формировании будущего урожая. Недостаток влаги в этот период сводит к минимуму влияние на урожай всех остальных факторов (удобрений, защиту растений, качество семян, обеспеченность техникой и т.д.). Ввиду неустойчивости климатических условий, повышенной среднегодовой температуры, нерегулярного выпадения осадков согласно норме [1], в Республике Беларусь существует необходимость развития орошаемого земледелия для снижения рисков возделывания сельскохозяйственных культур.

Практика показывает, что орошение позволяет значительно повысить урожайность сельскохозяйственных культур. В передовых хозяйствах при соблюдении нормативного режима орошения и рекомендуемых технологий производства растениеводческой продукции с помощью орошения обеспечивается в среднем урожайность капусты поздней – 500-600 ц/га, моркови – 380-450 ц/га, яблоневого сада – 380-420 ц/га [2]. Выращивание овощных культур на орошаемых землях при соблюдении рекомендуемой системы земледелия позволяет по северной зоне республики дополнительно получить: капусты поздней – 10 т/га, капусты ранней – 6 т/га, картофеля позднего –

4,5 т/га, картофеля раннего – 3 т/га, свеклы столовой – 8 т/га, моркови – 8 т/га, по южной зоне, соответственно 14, 8, 6, 5, 5, 10 т/га [3].

Одним из сдерживающих факторов развития интенсивных технологий в растениеводстве является отсутствие в республике современной автоматизированной оросительной техники, что, в свою очередь, ведет к значительному недобору урожая.

За последние 20 лет площади орошаемых земель в Республике Беларусь существенно сократились. Одной из причин этого является устаревший парк поливной техники. В 2016 году в Беларуси насчитывалось 237 дождевальных и поливных установок и машин [4]. Сегодня парк дождевальной техники в Беларуси представлен морально и физически устаревшей оросительной техникой, которая произведена в 70-90-х годах прошлого столетия и уже отслужила нормативный срок и является не эффективной. Очевидно, что необходима разработка и применение новых эффективных технологий и технических средств, позволяющих уже в первый год эксплуатации обеспечивать значительную экономическую отдачу и быструю окупаемость затрат.

В настоящее время существуют различные способы орошения [5], которые имеют свои преимущества и недостатки. Для природно-климатических, почвенных и гидрогеологических условий Республики Беларусь особый интерес представляет разработка позиционной широкозахватной дождевальной техники, при помощи которой можно обеспечивать различные виды поливов, представленных в табл. 1.

**Таблица 1. Классификация видов полива по назначению**

Вид полива	Назначение
Увлажнительный	Применяется для создания в почве нужного водного и воздушного режимов. Этот вид орошения является преобладающим. Увлажнительное орошение может быть регулярным и однократным [6]
Влагозарядковый	Полив, проводимый с целью увеличения запаса воды в почве к началу вегетационного периода [7]
Посадочный	Применяется при посадке рассады для улучшения приживаемости и начального развития растений, а также при посеве семян в грунт [6]
Удобрительный	Полив водой, содержащей питательные вещества для растений [7]
Освежительный	Дождевание посевов в жаркую погоду для увеличения влажности приземного слоя воздуха [6]
Противозаморозковый	Полив с дождеванием для защиты растений от заморозка [7]
Промывной	Полив, проводимый с целью уменьшения содержания в почве вредных для растений веществ [7]
Провокационный	Поливы для роста сорняков с целью их уничтожения предпосевной культивацией [6]

Анализируя основные тенденции развития зарубежных и отечественных дождевальных машин, а также необходимость обеспечения различных видов полива, можно определить пути дальнейшего совершенствования дождевальной техники [8]:

- снижение рабочего напора;
- разработка машин с малой интенсивностью искусственного дождя;
- повышение равномерности распределения дождя по площади полива;
- повышение универсальности дождевальных машин.

Каждый из предложенных пунктов напрямую зависит от конструкции дождевальных насадок, которая должна обеспечивать оптимальные значения характеристик искусственного дождя, не повышая энергоёмкость процесса.

По типу создаваемого потока дождевальные насадки можно разделить на веерные и струйные [9]. К веерным относятся дефлекторные, щелевые и центробежные насадки. Эти насадки работают на позиции и орошают всю прилегающую площадь, создавая широкий веерообразный поток воды. Они нашли наибольшее применение в широкозахватной позиционной дождевальной технике, так как обеспечивают большую равномерность полива и малую интенсивность искусственного дождя.

При агротехнической и технологической оценке качества искусственного дождя и эффективности работы дождевальной насадки используют следующие характеристики [9, 10]:

- интенсивность искусственного дождя и слой осадков – для сопоставления с впитывающей способностью почвы и определения поливной нормы;
- диаметр капель и скорость их падения – для расчета силового воздействия капель на почву и растения;
- равномерность распределения осадков.

Перспективным направлением развития дождевальной техники является универсализация, что позволит применять ее для различных видов полива (табл. 1) за счет регулирования размера капель, интенсивности дождя и равномерности его распределения.

В настоящее время регулирование характеристик искусственного дождя достигается несколькими основными способами [11]:

- а) подбор диаметра насадки при установке;
- б) применение эластичных насадок с изменяемым проходным сечением;
- в) применение механического привода изменения диаметра насадки;
- г) регулировка расхода воды при помощи калиброванной шайбы.

Каждый из перечисленных способов обладает существенными недостатками, среди которых – невозможность оперативного регулирования и большие затраты труда при его осуществлении (способы а и г); малый диапазон регулирования и сложность конструкции дождевального оборудования (способы б и в).

Известны также насадки, в которых регулирование интенсивности искусственного дождя достигается путем применения сплавов с памятью формы для изготовления дефлектора [12]. При этом изменение формы дефлектора происходит от нагрева, который в свою очередь достигается путем подачи электроэнергии к соплу и стойке дефлектора. Недостатком такой насадки является малый диапазон регулирования интенсивности дождя, сложность конструкции, необходимость оснащения дождевальной установки разветвленной электрической сетью и источником питания, дополнительные затраты электроэнергии.

Перспективным является применение дождевальных насадок, работающих по принципу водовоздушных эжекторов, которые позволяют обеспечить высокую равномерность полива и постоянство расхода по длине трубопровода [13]. Недостатком данной насадки является невозможность получения дождя с регулируемой интенсивностью и дисперсностью капель, высокие потери напора в сужающем устройстве в виде цилиндрического насадка, низкий коэффициент подсоса. Для обеспечения эффективной работы, эжектор, кроме сужающего устройства, должен иметь горловину и другие элементы, расположенные определенным образом [14, 15]. В качестве сужающего устройства оправдано [16] использование диафрагмы с одним осевым отверстием и прямоугольными кром-

ками стенок по следующим соображениям: во-первых, такое сопло по сравнению с коноидальными, коническими и цилиндрическими насадками является наиболее простым и дешевым в изготовлении; во-вторых, сопло в виде отверстия в тонкой стенке обладает наименьшим коэффициентом гидравлического сопротивления  $\zeta = 0,06$  (как у коноидальной насадки), что позволяет достигать минимальных потерь энергии при работе эжектора. Все эти нюансы необходимо учесть при разработке перспективной конструкции эжекторной дождевальной насадки.

Для обоснования перспективной конструкции дождевальной насадки необходимо осуществить комплекс теоретических и экспериментальных исследований с целью определения оптимальных геометрических параметров основных элементов дождевальной насадки, энергетических и технико-экономических показателей, таких как производительность насадки, дисперсность капель и диапазон ее регулирования, интенсивность дождя и равномерность его распределения. На первом этапе целесообразно исследовать показатели энергоэффективности дождевальной насадки при добавлении в ее конструкцию эжектора. Таким образом, целью настоящей научной работы является разработка дождевальной насадки с регулируемыми параметрами дождя и исследование показателей ее энергоэффективности по сравнению с типовой конструкцией.

#### Основная часть

Для решения поставленной задачи разработана дождевальная насадка (рис. 1), которая снабжена эжектором для подсоса в поток воды определенного количества воздуха и получения дождя с регулируемой дисперсностью капель и интенсивностью полива.

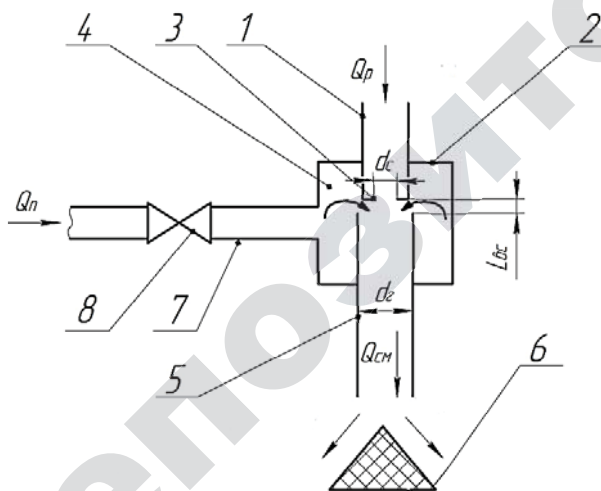


Рисунок 1. Схема дождевальной насадки

Дождевальная насадка (рис. 1) содержит: подающий патрубок 1; корпус эжектора 2; сопло 3 в виде диафрагмы с круглым осевым отверстием диаметром  $d_c$ ; приемную камеру 4; цилиндрическую горловину 5 с внутренним диаметром  $d_r$ ; дефлектор 6; всасывающий трубопровод 7 с запорно-регулирующим устройством 8.

Конструкция эжектора разработана с учетом предварительных исследований [15, 17].

Зазор  $L_{вс}$  определяется зависимостью:

$$L_{вс} = \frac{1}{4} \cdot d_c \cdot k_{п},$$

где  $d_c$  – диаметр отверстия сопла, м  
 $k_{п} = Q_{п}/Q_{р}$  – коэффициент подсоса;  
 $Q_{р}$  – расход рабочей жидкости, м<sup>3</sup>/с;  
 $Q_{п}$  – расход пассивной среды, м<sup>3</sup>/с.

Диаметр отверстия сопла  $d_c$  и зазор  $L_{вс}$  для подсоса пассивной среды можно изменять в соответствии с требуемыми эксплуатационными характеристиками.

Сопло в виде диафрагмы имеет одно осевое отверстие в тонкой стенке, толщиной  $\delta \leq 0,2 \cdot d_c$ .

Принцип работы дождевальной насадки заключается в следующем. По подающему патрубку 1 в эжектор 2 поступает поток рабочей жидкости (вода) с расходом  $Q_{р}$ , который проходя через отверстие сопла 3 с диаметром  $d_c$ , преобразуется в высокоскоростную струю. За счет использования в качестве сопла 3 диафрагмы с круглым осевым отверстием, в тонкой стенке достигаются минимальные потери энергии. Далее струя поступает в горловину 5 с внутренним диаметром  $d_r > d_c$ , где в результате взаимодействия потока рабочей жидкости с окружающим воздухом происходит увлечение его в поток с образованием вакуума, что приводит к подосу через патрубок 7, приемную камеру 4 и зазор  $L_{вс}$  пассивной среды с расходом  $Q_{п}$ . В результате на выходе из горловины 5 образуется водно-воздушная смесь с суммарным расходом  $Q_{см}$ . Водно-воздушный поток, выходя из горловины 5, ударяется о дефлектор 6 и выбрасывается на орошаемое поле. При сходе с наружной кромки дефлектора 6, поток без образования пленки сразу распадается на капли. Это достигается за счет того, что при смешивании жидкости с пузырьками газа нарушается сплошность потока. В результате газожидкостный поток не способен оказывать сопротивление растягивающим усилиям, возникающим при его расширении в дефлекторе.

Регулирование интенсивности полива и дисперсности капель осуществляется за счет того, что эжектор 2 дождевальной насадки имеет приемную камеру 4, которая сообщена с всасывающим трубопроводом 7, оснащенным запорно-регулирующим устройством 8 для поддержания заданного коэффициента подсоса

$$k_{п} = \frac{Q_{п}}{Q_{р}}. \quad (1)$$

Известно, что параметры дождя, такие как интенсивность полива и дисперсность капель, зависят от ряда основных факторов, один из которых – средняя скорость  $V$  истечения струи на дефлектор. Если коэффициент подсоса  $k_{п} = 0$ , то есть подача воздуха в поток рабочей жидкости с расходом  $Q_{р}$  отсутствует, тогда из уравнения расхода скорость истечения

$$V_{р} = \frac{Q_{р}}{\omega_{г}}, \quad (2)$$

где  $\omega_r$  – площадь живого сечения потока ( $m^2$ ) на выходе из горловины 5 (рис. 1), которая определяется по формуле:

$$\omega_r = \frac{\pi \cdot d_r^2}{4},$$

где  $d_r$  – диаметр горловины эжектора, м (рис. 1).

При открытии запорно-регулирующего устройства 8 начинается подсос воздуха с расходом  $Q_{\Pi}$  и скорость истечения водно-воздушной струи будет определяться уравнением:

$$V_{cm} = \frac{Q_{cm}}{\omega_r} \approx \frac{Q_p + Q_{\Pi}}{\omega_r},$$

или с учетом уравнений (1) и (2)

$$V_{cm} \approx V_p \cdot (1 + k_{\Pi}).$$

Тогда скоростной напор струи равен:

$$H_V = \frac{\alpha \cdot V_{cm}^2}{2 \cdot g}, \quad (3)$$

где  $\alpha$  – корректив кинетической энергии;  
 $g$  – ускорение силы тяжести,  $m/c^2$ .

Таким образом, скорость истечения и, соответственно, скоростной напор водно-воздушной струи будет увеличиваться с увеличением коэффициента подсоса  $k_{\Pi}$ . Это позволит в широком диапазоне изменять дисперсность капель и интенсивность полива без необходимости регулирования рабочих характеристик насосной установки и с минимальными потерями энергии. Кроме этого, регулирование можно осуществлять в автоматическом режиме, если все насадки дождевальной машины объединить общим всасывающим трубопроводом, на входе в который установить устройство для автоматического регулирования расхода подсасываемого воздуха.

Гидроструйные эжекторы нашли широкое применение в практике, что обусловлено рядом их преимуществ: отсутствие подвижных элементов; простота конструкции и малые габариты; высокая надежность при минимальных эксплуатационных затратах и т.д. Однако, как показали исследования [15, 17], при больших значениях противодействия эжектор может оказаться неработоспособным или работать неустойчиво. При этом эжектору, входящему в состав дождевальной насадки, в соответствии со схемой, приведенной на рис. 1, необходимо работать при высоком противодействии, так как рабочее давление перед дождевальной насадкой может достигать 0,4 МПа (40 метров водяного столба). Это необходимо для придания выходящей струе высокого скоростного напора (до 30 метров водяного столба и более).

Для обоснования и оптимизации принятой конструкции дождевальной насадки (рис. 1) необходимо провести ряд исследований для определения параметров дождя и диапазона их регулирования, оптимальных геометрических параметров устройства и его энергетической эффективности.

Для проведения экспериментальных исследований создана установка, схема которой представлена на рис. 2.

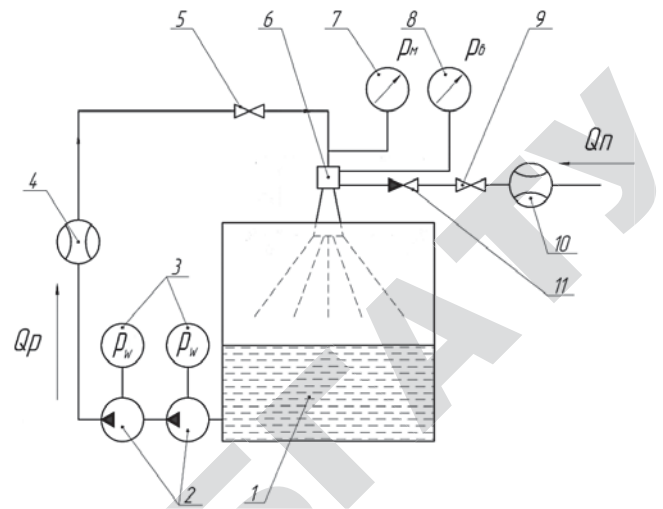


Рисунок 2. Схема экспериментальной установки

Экспериментальная установка является циркуляционной и содержит: питательный резервуар 1; два последовательно соединенных центробежных насоса 2 марки К 8/18; ваттметры 3 для измерения мощности электродвигателей насосов; расходомер воды 4 для измерения расхода рабочей жидкости  $Q_p$ ; кран 5 для регулировки рабочего расхода  $Q_p$ ; сменную дождевальную насадку 6; манометр 7 для измерения манометрического давления  $p_m$  перед дождевальной насадкой; вакуумметр 8 для измерения вакуумметрического давления  $p_v$  в приемной камере эжектора; кран 9 и расходомер воздуха 10 для измерения расхода подсасываемого воздуха  $Q_{\Pi}$ ; обратный клапан 11 для предотвращения попадания жидкости во всасывающую линию эжектора при возможных нарушениях его работы.

На первом этапе были проведены сопоставительные исследования существующей дождевальной насадки *Nelson Rotator 3030* [18], которая была испытана как в неизменном виде, так и после доработки в соответствии со схемой на рис. 1. При доработке существующая дождевальная насадка присоединялась непосредственно к корпусу эжектора. Таким образом, в качестве горловины выступал канал самой насадки длиной  $L_r = 45$  мм. Канал насадки имел близкую к цилиндрической форму с внутренним диаметром  $d = 9...10$  мм. При проведении ряда опытов менялся диаметр сопла эжектора  $d_c$  от 7,6 до 8,8 мм и изменялась подача рабочей жидкости  $Q_p$ .

Целью первого этапа исследований было сопоставление энергетических параметров существующей дождевальной насадки при оснащении ее эжектором. В ходе опытов измерялись следующие параметры: подача  $Q_p$  рабочей жидкости; расход подсасываемого воздуха  $Q_{\Pi}$ ; давление перед дождевальной насадкой  $p_m$ ; мощность электродвигателей насосов  $P_w$ .

В результате обработки опытных данных получена зависимость потерь напора  $h$  в дождевальной насадке от скоростного напора  $H_V$  на выходе из насадки (рис. 3).

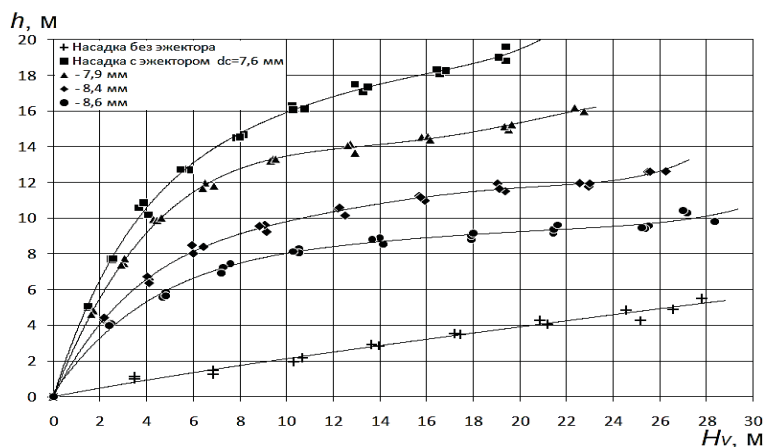


Рисунок 3. Опытная зависимость  $h = f(H_V)$

Как видно из графика на рис. 3, при комплектации дождевальной насадки эжектором происходит увеличение потерь напора  $h$ , что согласуется с законами гидродинамики, так как эжектор создает дополнительное гидродинамическое сопротивление. При этом у насадки, снабженной эжектором, зависимость  $h = f(H_V)$  носит нелинейный характер. При малых значениях скоростного напора  $H_V$  наблюдается резкий рост потерь напора  $h$ , а затем при увеличении скоростного напора  $H_V$  рост потерь напора  $h$  происходит менее интенсивно. Это объясняется возникновением подсоса воздуха в эжекторе, который характеризуется коэффициентом подсоса  $k_n = Q_n/Q_p$  (рис. 4). То есть часть потерь энергии, возникающих в эжекторе,

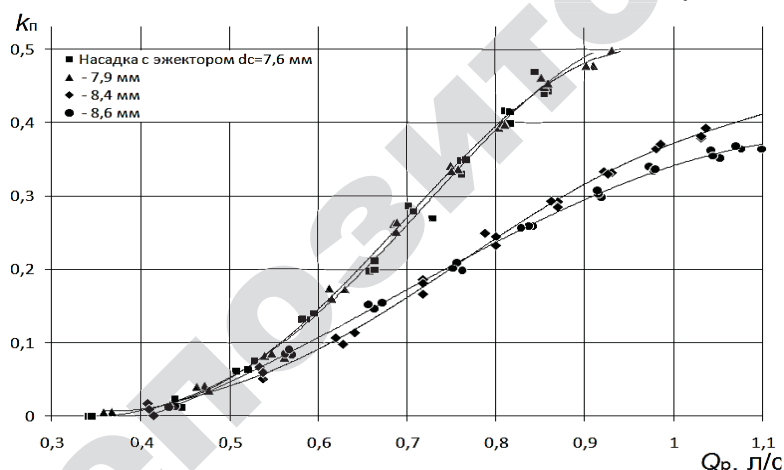


Рисунок 4. Опытная зависимость  $k_n = f(Q_p)$

затрачивается на работу по подсосу воздуха с расходом  $Q_n$  в поток рабочей жидкости с расходом  $Q_p$ . Это приводит к росту скоростного напора  $H_V$ , определяемого по формуле (3).

На рис. 4 представлена зависимость коэффициента подсоса  $k_n$  от расхода рабочей жидкости  $Q_p$ .

Анализ графиков на рис. 3 и 4 показывает, что с точки зрения потерь напора  $h$  в дождевальной насадке с эжектором оптимальным является сопло с отверстием диаметром  $d_c = 8,6$  мм. В то же самое время наибольший коэффициент подсоса  $k_n$  демонстрирует эжектор с диаметрами сопла 7,6 и 7,9 мм.

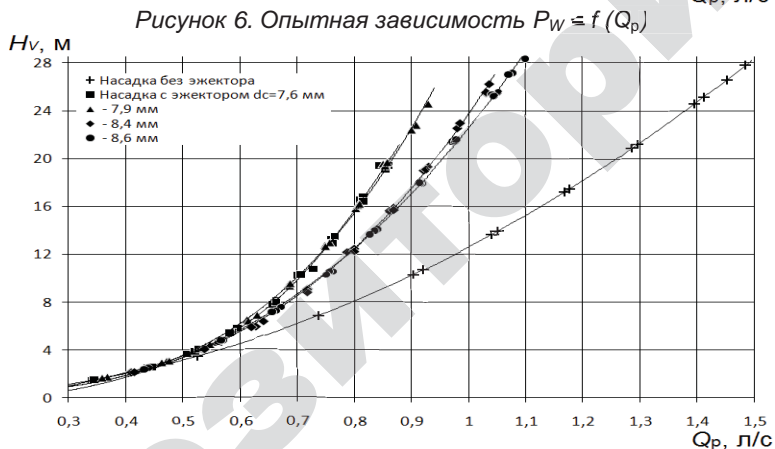
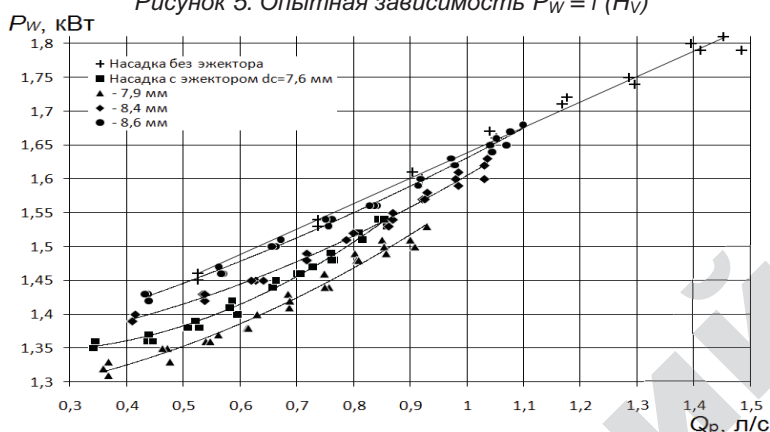
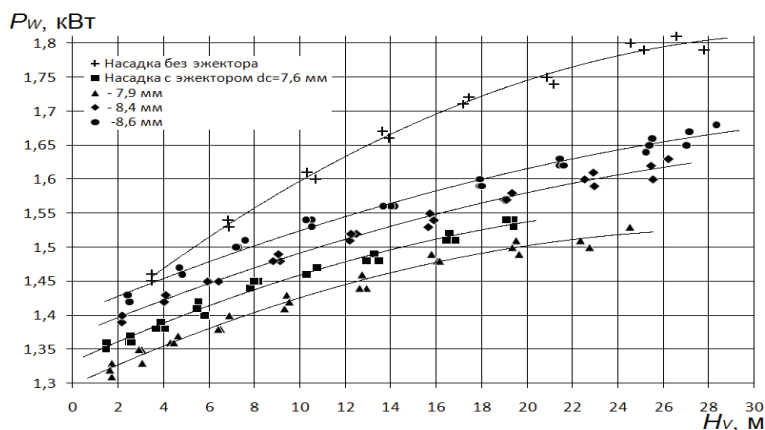
Тогда как сопло с  $d_c = 8,6$  мм дает наименьший  $k_n$ . При установке сопел с диаметрами 8,8 мм и более подсос воздуха прекращался полностью (опытные данные в анализ не вошли). Следует отметить, что горловина использованной дождевальной насадки не являлась оптимальной с точки зрения обеспечения коэффициента подсоса  $k_n$ . В соответствии с графиком на рис. 4 максимальный коэффициент подсоса  $k_n$  составил 0,5. Тогда как исследования [15, 17] показали, что при соблюдении оптимальных геометрических размеров эжектора коэффициент подсоса  $k_n$  может достигать значения 2 и более.

В результате дальнейшей обработки опытных данных получены зависимости суммарной электрической мощности насосных агрегатов  $P_W$  от скоростного напора  $H_V$  на выходе из насадки (рис. 5) и от расхода рабочей жидкости  $Q_p$  (рис. 6). Для регулирования подачи насосной установки  $Q_p$  при проведении опытов использовался дроссельный метод.

Анализ графиков на рис. 5 и 6 показывает, что при работе дождевальной насадки без эжектора наблюдается наибольшая мощность  $P_W$  во всем исследованном диапазоне. При подключении эжектора мощность снижается, и наименьшие значения наблюдаются при установке сопла диаметром  $d_c = 7,9$  мм. В случае с зависимостью  $P_W = f(H_V)$  (рис. 5) существенное снижение мощности  $P_W$  связано с подсосом воздуха в поток рабочей жидкости (рис. 4). В результате, для создания скоростного напора  $H_V$  при использовании эжектора насосы должны обеспечивать меньшую подачу  $Q_p$ , что отражено на рис. 7.

В случае с зависимостью  $P_W = f(Q_p)$  (рис. 6) снижение мощности  $P_W$  связано, очевидно, с тем, что при работе эжектора в приемной камере создается вакуум, который способствует снижению требуемого напора насосной установки.

Анализируя в целом результаты представленных исследований, можно сделать вывод, что комплектация дождевальной насадки эжектором для управления параметрами дождя не приведет к дополнительным потерям энергии при условии соблюдения оптимальных геометрических параметров устройства. Основными параметрами, характеризующими эффективность работы эжектора, являются потери напора в эжекторе и коэффициент подсоса. Анализ результа-



тов экспериментальных исследований показал, что данные параметры находятся в противоречии. Так, у исследованной дождевальной насадки с эжектором минимальные потери напора наблюдаются при установке сопла диаметром  $d_c = 8,6$  мм. А максимальный коэффициент подсоса эжектора и минимальная электрическая мощность насосов наблюдались при установке сопла диаметром  $d_c = 7,9$  мм. При этом эжектор обеспечивал коэффициент подсоса  $k_{п} \leq 0,5$ , что не является пределом для данной конструкции эжектора. Таким образом, возникает необходимость проведения дополнительных исследований для осуществления

многофакторной оптимизации геометрических и гидравлических параметров дождевальной насадки.

### Заключение

1. Разработана дождевальная насадка, которая снабжена эжектором для подсоса в поток воды определенного количества воздуха и получения дождя с регулируемой дисперсностью капель и интенсивностью полива. Основным преимуществом предлагаемой дождевальной насадки является возможность в широком диапазоне изменять дисперсность капель и интенсивность полива без необходимости регулирования рабочих характеристик насосной установки и с минимальными потерями энергии.

2. Для установления взаимосвязей между определяющими параметрами, которые влияют на эффективность работы дождевальной насадки с эжектором, создана экспериментальная установка и проведены экспериментальные исследования, в результате которых получены опытные зависимости:

- потерь напора  $h$  в дождевальной насадке от скоростного напора  $H_V$  на выходе из насадки;
- коэффициента подсоса  $k_{п}$  от расхода рабочей жидкости  $Q_p$ ;
- суммарной электрической мощности насосных агрегатов  $P_W$  от скоростного напора  $H_V$  на выходе из насадки и от расхода рабочей жидкости  $Q_p$ ;
- скоростного напора  $H_V$  от расхода рабочей жидкости  $Q_p$ .

Сделан анализ полученных зависимостей.

3. Полученные научные результаты могут быть использованы при разработке и обосновании конструкций дождевальных насадок для систем орошения сельскохозяйственных культур, а также для других систем, в которых возникает необходимость получения капель жидкости с регулируемой дисперсностью.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Климатические характеристики Беларуси 2016 г. [Электронный ресурс]. – 2017. – Режим доступа: <http://pogoda.by/press-release/index.php?month=01&year=2017>. – Дата доступа: 20.02.2017.
2. Капустин, Н.Ф. Современное дождевальное и капельно-оросительное оборудование в технологии

искусственного увлажнения почвы для выращивания сельскохозяйственных культур АПК / Н.Ф. Капустин, Э.К. Снежко [Электронный ресурс]. – 2017. – Режим доступа: <http://belagromech.by/press/e7009f8a94f3c811.html>. – Дата доступа: 01.06.2017.

3. Лихацевич, А.П. Орошение овощей: капельный способ или дождевальная? / А.П. Лихацевич, В.И. Желязко, Г.В. Латушкина [Электронный ресурс]. – 2017. – Режим доступа: <https://www.sb.by/articles/oroshenie-ovoshchey-kapelnyy-sposob-ili-dozhdevalnyy.html>. – Дата доступа: 05.06.2017.

4. Сельское хозяйство Республики Беларусь: стат. сб. / Национальный стат. комитет Респ. Беларусь. – Минск, 2016. – 230 с.

5. Ресурсосберегающие энергоэффективные экологически безопасные технологии и технические средства орошения: справоч. – М.: Росинформагротех, 2015. – 264 с.

6. Сельскохозяйственный энциклопедический словарь / Гл. ред. В. К. Месяц. – М.: Сов. энциклопедия, 1989. – 656 с.

7. Гидромелиорация. Термины и определения: ГОСТ 26967-86. – Введ. 30.06.86.

8. Васильев, С.М. Дождевание / С.М. Васильев, В.Н. Шура. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2016. – 352 с.

9. Исаев, А.П. Гидравлика дождевальных машин / А.П. Исаев. – М.: Машиностроение, 1973. – 216 с.

10. Шахрай, Д.С. Анализ характеристик искусственного дождя при проектировании дождевальных машин / Д. С. Шахрай, А.Н. Басаревский // Передовые технологии и техническое обеспечение сельскохозяйственного производства: матер. Междунар. научн.-практич. конф., Минск, 30-31 марта 2017 г. / редкол.: И.С. Крук [и др.]. – Минск: БГАТУ, 2017. – С. 384-387.

11. Шахрай, Д.С. Совершенствование работы широкозахватных дождевальных машин / Д.С. Шахрай, А.М. Кравцов, А.Н. Басаревский // Научно-образовательная среда как основа развития агропромышленного комплекса и социальной инфраструктуры села: матер. Междунар. науч.-практич. конф. – Чебоксары: Чувашская ГСХА, 2016. – С. 488-491.

12. Насадок дождевального аппарата: а.с. 1616711 СССР, МПК В 05В 1/18, 1/26 / №4638144/30-05 / В.Б. Ковшевацкий; заявл. 13.01.89; опубл. 30.12.90 // Бюл. № 48.

13. Насадка дефлекторная эжекторная: пат. 2361681 РФ, МПК В 05В 1/18 / Н.А. Безроднов, В.В. Мелихов, П.И. Кузнецов, Т.Г. Константинова. – №2008105845/12; опубл. 20.07.2009 // Бюл. №20.

14. Соколов, Е.Я. Струйные аппараты / Е.Я. Соколов, Н.М. Зингер. – 3-е изд. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 352 с.

15. Кравцов, А.М. Использование гидроструйных эжекторов в напорных гидравлических системах / А.М. Кравцов, Д.С. Шахрай // Агропанорама. – 2016. – № 2. – С. 37-43.

16. Каннингэм, П.Г. Сжатие газа с помощью жидкоструйного насоса. Теоретические основы инженерных расчетов / П.Г. Каннингэм. – М.: Мир. – 1974. – № 3. – С. 112-127.

17. Кравцов, А.М. Экспериментальные исследования работы эжекторов / А.М. Кравцов // Энергетика... (Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ). – 2000. – № 3. – С. 90-95.

18. Nelson. Innovation in irrigation [Электронный ресурс] – 2017. – Режим доступа: <https://www.nelsonirrigation.com>. – Дата доступа: 07.06.2017.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 13.06.2017

**“Агропанорама” - научно-технический журнал для работников агропромышленного комплекса. Это издание для тех, кто стремится донести результаты своих исследований до широкого круга читателей, кого интересуют новые технологии, кто обладает практическим опытом решения задач.**

**Журнал “Агропанорама” включен в список изданий, рекомендуемых Высшей аттестационной комиссией для опубликования результатов диссертационных исследований по техническим (сельскохозяйственное машиностроение и энергетика, технический сервис в АПК), экономическим (АПК) и сельскохозяйственным наукам (зоотехния).**

**Журнал выходит один раз в два месяца, распространяется по подписке и в розницу в киоске БГАТУ. Подписной индекс в каталоге Республики Беларусь: для индивидуальных подписчиков - 74884, предприятий и организаций - 748842.**

**Стоимость подписки на 1-е полугодие 2018 года: для индивидуальных подписчиков - 18,30 руб., ведомственная подписка - 19,89 руб.**