

## **ВОПРОСЫ ЭКОЛОГИИ**

УДК 631.347.3: 631.879.2

### **ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ИСКУССТВЕННОГО ДОЖДЯ, СОЗДАВАЕМОГО С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ СТОКОВ**

**А.С. Анженков**, ассистент

Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, г. Горки

**Ключевые слова:** орошение, дождевание, животноводческие стоки, конструкция насадки, ресурсосберегающая технология

#### **Введение**

Проблема утилизации отходов сельскохозяйственного производства в Республике Беларусь стоит остро, поскольку аграрный сектор занимает значительное место в экономике страны и имеется большое количество животноводческих комплексов.

Самым экономически выгодным способом утилизации стоков животноводческих комплексов является орошение дождеванием. И это несмотря на большие изначальные капиталовложения, по сравнению с утилизацией мобильным транспортом и системами внутрипочвенного орошения. Технологический процесс орошения стоками высокопроизводителен. В сравнении со способом вывозки стоков на поля цистернами-жигеразбрасывателями производительность процесса орошения в десятки раз больше. При этом затраты на транспортировку и внесение 1 м<sup>3</sup> стоков сокращаются в 2,4 раза, а одновременное удобрение и орошение увеличивает урожай многолетних трав на 30-40% [1].

При дождевании жидкость подается на поля в виде искусственного дождя. Дождевание стоками имеет следующие достоинства: возможность полной автоматизации и механизации процесса внесения стоков; применимость при сложном микрорельефе и потребность в менее тщательной планировке полей; высокая равномерность распределения влаги и удобрений; возможность производить более частые поливы малыми нормами; малая глубина промачивания, что важно при орошении земель с близким расположением грунтовых вод и засоленных почв.

Комплексной оценкой дождевания является качество искусственного дождя (в дальнейшем качество дождя).

#### **Основная часть**

В общем случае под качеством дождя понимается [2] следующее. Во-первых, регулирование водного режима почвы в соответствии с требованиями растений путем про-

ведения своевременных поливов необходимыми нормами; во-вторых, равномерное увлажнение орошаемой площади такими нормами и интенсивностью дождя, при которых на поверхности почвы не образуются лужи и сток, не повреждаются растения и почва, а потери на испарение минимальные.

Нами дополнительно предлагается ввести третье условие качественного полива дождеванием: соблюдение требований экологической безопасности элементов окружающей среды.

*Основные направления повышения качества дождя*

Улучшение параметров дождевания (за счет совершенствования конструкций дождевальной техники).

Повышение впитывающей способности и сопротивляемости эрозии почвы агро-мелиоративными приемами: рыхление, штифтование, возделывание специальных культур, планирование и др.

Совершенствование технологии полива (назначение пауз в процессе полива, внесение нормы за 2 прохода и более и др.)

Организационные мероприятия (развитие методик планирования поливов, учет динамически изменяющихся условий, перспективное планирование и др.).

Исходя из вышесказанного, одним из основных методов повышения качества искусственного дождя является улучшение параметров дождевания. Основными параметрами дождевания являются: а) интенсивность искусственного дождя, выраженная слоем выпавших осадков за единицу времени,  $i$ , мм/мин; б) равномерность распределения дождя, выраженная отношением площади эффективно политой к общей площади,  $K_{эф}$ ; в) средневзвешенный диаметр капель, выраженный средним диаметром капель в приземном слое воздуха либо на высоте растений,  $d_m$ .

Особенно актуально качество дождевания при орошении (утилизации) стоками животноводческих комплексов. Поверхностный сток в этом случае не только разрушает структуру почвы и эрозирует ее, но и ухудшает экологическую обстановку на территориях, прилегающих к полям орошения, что может привести к загрязнению открытых водоисточников, в случае напорного впитывания животноводческие стоки могут достигнуть грунтовых вод.

Одним из основных условий качественного дождевания, без образования поверхностного стока, является соответствие его интенсивности впитывающей способности почвы. При поливе навозными стоками животноводческих комплексов впитывающая способность почвы снижается в 1,5-3,0 раза [3] по сравнению с поливом природной водой. Навозные стоки животноводческих комплексов по своим физико-механическим свойствам отличаются от природной воды. Они содержат значительное количество сухого вещества, которое оказывает коагулирующее действие на почву, снижая ее водопроницаемость.

Приведение интенсивности искусственного дождя к оптимальной, соответствующей

щей впитывающей способности почвы, сопряжено с рядом технологических и экономических сложностей.

Основными методами регулирования качества дождя является разработка и модернизация дождевальных машин и их элементов, в частности, дождевальных аппаратов и насадок. Создавая новые конструкции, необходимо, по возможности, учитывать все факторы, прямо или косвенно влияющие на структуру создаваемого искусственного дождя.

Для струйных дождевальных аппаратов основными гидравлическими критериями являются критерии Фруда и Рейнольдса [4]. Вместо первого на практике часто используется половина его, называемая относительным напором  $e_n$ . Для выходного сечения сопла аппарата  $e_n = H_0/d_0$ , где  $H_0$  – напор,  $d_0$  – внутренний диаметр отверстия. Допускаются следующие значения  $e_n$ : 1500-1600 для трав на лугах и пастбищах; 1700-2200 – взрослых сельхозкультур; 2400-2600 – рассады самых нежных растений [5, 6]. В этих пределах  $e_n$  затраты мощности на образование струи близки к минимальным.

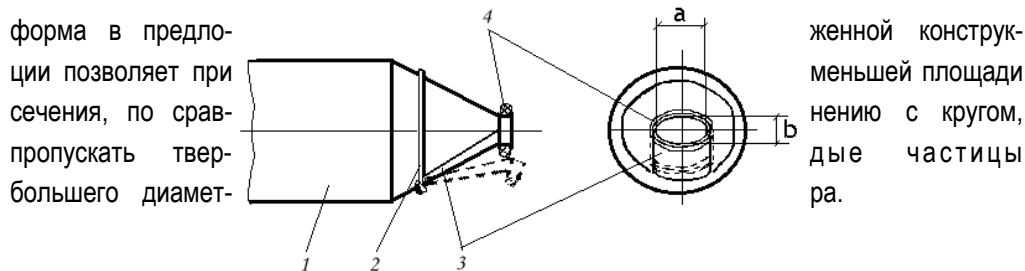
При поливе животноводческими стоками необходимо учитывать структурные отличия их от чистой воды. Наличие в стоках большого количества твердых частиц требует предварительной очистки, обычно отстаиванием в резервуарах осветленных стоков (РОС) и последующим пропуском через фильтрационные щиты. Допустимое содержание сухого вещества в подготовленных для орошения стоках не должно превышать 2-4% [7]. Но даже после очистки в стоках попадают достаточно крупные частицы и более опасные, с точки зрения засорения ствола дождевального аппарата, длинномерные частицы. Как следствие, диаметр выходного сечения насадки в серийно выпускаемых дождевальных устройствах для орошения животноводческими стоками (РОСА-3С, ДКН 80.05.000, ДД-30) составляет 14, 18 мм и более. Качественное дождевание при таких диаметрах возможно только при достаточно больших входных напорах, а, следовательно, энергозатратах.

Элементарное уменьшение диаметра сопла приведет к нестабильной работе дождевальной машины, так как даже аппарат ДД-30 с диаметром сопла 30 мм подвержен засорению [8].

Возникает парадоксальная задача: необходимо уменьшить диаметр сопла с целью повышения качества дождя и увеличить диаметр сопла с целью уменьшения вероятности засорения.

Для решения этой задачи нами предложена конструкция насадки дождевального аппарата с динамическим сечением сопла [9].

Отличие от серийной модели заключается в динамичности сечения сопла, позволяющей при пропуске крупной частицы увеличивать выходное сечение за счет отклонения подвижной пластины 2, с последующим возвратом в исходное положение. Овальная



**Рис.1. Усовершенствованная конструкция дождевального аппарата.**  
 1 – ствол; 2 – жесткое кольцо; 3 – подвижная пластина; 4 – эластичное кольцо

Для пропуска объекта размером 14 мм достаточно размера эллипса  $a \times b = 14 \times 7$  мм. Уменьшение площади сопла при отношении диаметров эллипса  $a:b=1:2$  (по отношению к кругу) составит:

$$\frac{S_{\text{э}}}{S_{\text{к}}} = \frac{\pi \cdot a \cdot b / 4}{\pi \cdot a^2 / 4} \quad (1)$$

$$S_{\text{э}} : S_{\text{к}} = a : b = 1 : 2, \quad (2)$$

где  $S_{\text{э}}$ ,  $S_{\text{к}}$  – соответственно площади эллиптического и круглого насадок,  $\text{м}^2$ .

Применение предложенного аппарата при поливе животноводческими стоками позволит уменьшить расходные характеристики оросительной сети – расход дождевальной машины прямо пропорционален суммарной площади установленных насадок аппарата.

$$\frac{Q_{\text{э}}}{Q_{\text{к}}} = \frac{S_{\text{э}}}{S_{\text{к}}} \cdot K_0, \quad (3)$$

где  $Q_{\text{э}}$ ,  $Q_{\text{к}}$  – соответственно расход при использовании модернизированных и серийных аппаратов,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;

$K_0$  – коэффициент, учитывающий повышение расхода в момент открытия подвижной пластины и пропуска твердой частицы.

Внедрение модернизированного аппарата позволит повысить качество дождя, снизить энергопотребление дождевальной машины и уменьшить пропускную способность оросительной сети.

С целью проверки теории проведены производственные испытания образцов насадок.

Основные экспериментальные исследования проводились в вегетационные периоды 2001-2005 гг. на опытном участке СГЦ племсовхоз «Заднепровский» Оршанского района Витебской области. Стоки племсовхоза образует свинокомплекс, рассчитанный на выращивание и откорм 54 тыс. голов в год. Сельскохозяйственная утилизация образующихся на комплексе навозных стоков осуществляется на построенной в 1986 г. оросительной системе.

Оросительная система состоит из водоисточника, которым являются пять скважин, аккумулирующего бассейна, стационарной насосной станции, системы подземных трубопроводов с необходимой арматурой. Полив производят дождевальными машинами ДКН-80 и аппараты ДД-30. Работа оросительной системы предусмотрена только в вегетационный период.

Система подготовки стоков к поливу включает прифермские накопители-отстойники, карантинные хранилища, сооружения по разделению стоков на фракции.

Основная часть всех площадей, орошаемых навозными стоками животноводческих комплексов, отводится под однолетние и многолетние травы, а также их смеси, в последнее время в севообороте используется рапс.

Почвенный покров опытного участка представлен дерново-подзолистыми почвами нормального естественного увлажнения. Почвообразующими породами являются суглинки с включением небольших валунов и разнообразных песков.

Мощность пахотного слоя колеблется в пределах 15-22 см.

На выбранных участках глубина залегания грунтовых вод 7-8 м, что не оказывает непосредственного влияния на почвообразовательные процессы.

Насадки устанавливались на штатные аппараты РОСА-3С дождевальной машины ДКН-80-02 во время плановых поливов.

Орошаемая культура – многолетние травы, уклон местности составлял 0,001-0,002.

Интенсивность и равномерность контролировались дождемерами с диаметром приемного отверстия  $d=120$  мм. Дождемеры расставлялись по квадратной схеме. Скорость ветра контролировалась ручным анемометром каждые 10 минут. Интенсивность в точке определялась по формуле:

$$i = \frac{4Q}{\pi d^2 t}, \quad (4)$$

где  $Q$  – объем жидкости, попавшей в дождемер,  $\text{мм}^3$ , за время экспозиции  $t$ , мин.

По полученным данным были построены изогеты и определены параметры дождя методом планиметрирования по площадям равной интенсивности.

Диаметр капель измерялся экспозицией фильтровальной бумаги в факеле дождя с последующим замером диаметров следов капель.

Пример изогет измерений приведен на рис. 2. Сопла  $14 \times 6$  мм установлены на аппаратах № 2, 3, 4, скорость ветра 1-2 м/с, центр круга – аппарат №3 машины ДКН-80-02.

Начало стока наблюдалось через 50-70 мин при поливе предложенной насадкой и через 35-40 мин при поливе штатными аппаратами ДКН 80.05.000.

В процессе исследований контролировались не только параметры создаваемого дождя, но и стабильность работы насадок. Засорение насадок отмечено не было, в то время как штатные насадки 1-2 раза за позицию приходилось прочищать.

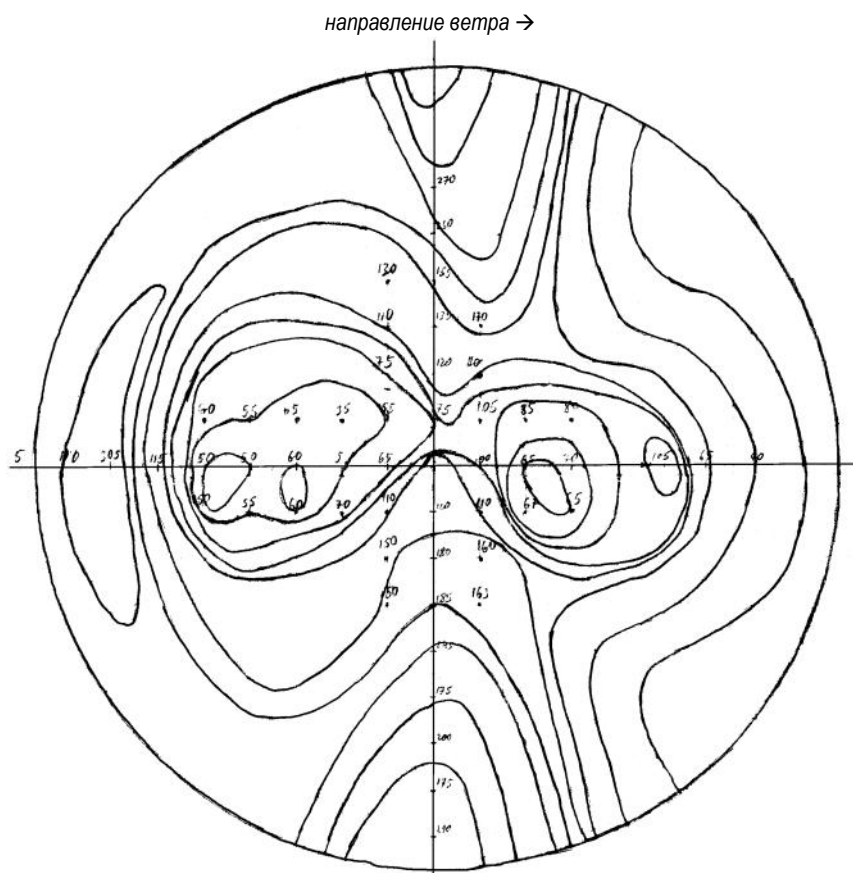


Рис. 2. Изогеты интенсивности дождя

При применении сопла меньшего сечения 13×5, 12×5, 10×3 происходит заметное снижение радиуса полива (см. таблицу), хотя при этом повышается равномерность и уменьшается диаметр капель.

Графическая зависимость приведена на рис. 3.

**Зависимость радиуса полива от параметров насадки**

Показатели	Параметры сопла, мм				
	10×3	12×5	13×5	14×6	15×7
Радиус полива, м	10-11	11,5	12	15,5	18
$K_{эф}$	0,88	0,77	0,71	0,68	0,58
Средневзвешенный диаметр капель, мм	1,4	1,5	1,5	1,5	1,7

В связи с применением аппарата на существующей машине, снижение радиуса меньше 14-15 м принято недопустимым и, следовательно, оптимальное сечение сопла составляет 14×6 мм. Такие параметры позволяют осуществить пропуск искусственно введенных частиц диаметром до 20 мм. Данные получены лабораторными исследованиями путем искусственного введения твердых объектов в сеть.

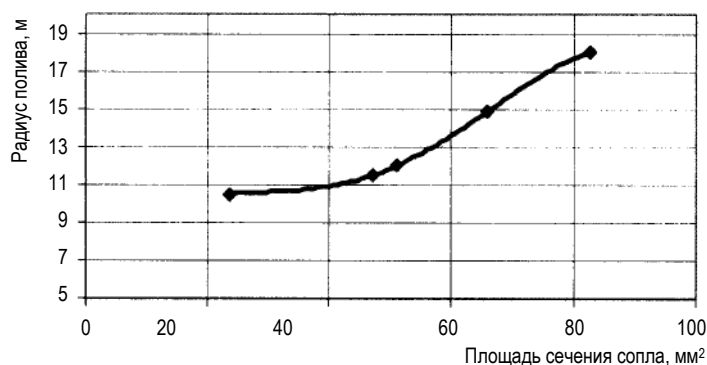


Рис. 3. Зависимость радиуса полива от площади сечения сопла

Экспериментальные исследования конструкции выявили снижение интенсивности дождя машины до 0,22-0,28 мм/мин (в зависимости от площади сечения сопла) при использовании на базе эксплуатирующейся ДКН-80 (нормативная интенсивность 0,34 мм/мин, измеренная 0,34-0,37 мм/мин в зависимости от напора на гидранте). Это позволяет увеличить нормы орошения на 20-30%, особенно на территориях, занятых культурами, толерантными к азоту (рапс, многолетние травы), и снизить эрозионную нагрузку на почву.

### **Заключение**

Практика показывает, что не всегда удается использовать на орошение весь объем воды из РОС накопителей, особенно во влажные годы. Часть ее сбрасывается в открытые водоемы. Снижение интенсивности искусственного дождя позволит не только увеличить нормы внесения стоков, но и вести орошение при слабом естественном дожде без образования стока.

В случае необходимости возможно орошение с превышением оптимальных норм и длительности орошения. При этом снижение интенсивности дождя позволяет не только уменьшить эрозионную нагрузку на почву и негативное воздействие на растительный покров, но и способствует увеличению водоприемной способности системы почва-растение.

### **Вывод**

Предлагаемая нами насадка позволяет снизить экологическую нагрузку на участки орошаемые стоками животноводческих комплексов, и прилегающие территории, а также уменьшить сброс стоков в гидрографическую сеть не снижая интенсивности утилизации.

### **Литература**

Технология орошения животноводческими стоками / А.М. Буцыкин, В.Г. Луцкий, А.Г. Пономарев, Л.П. Рева. – М.: Агропромиздат, 1987. – 160 с.

Голченко М.Г. Как обеспечить качественный полив угодий // НТИ по мелиорации и водному хозяйству. – Мн., 1976. – №6. – С. 25-28.

Желязко В.И. Эколого-мелиоративные основы орошения земель стоками свиноводческих комплексов: Монография. – Горки: БГСХА, 2003. – 168 с.

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

Лебедев Б.М. Дождевальные машины. Теория и конструкции. – М.: Машиностроение, 1977. – 244 с.

Механизация полива: Справочник / Б.Г. Штепа и др. – М.: Агропромиздат, 1990. – 335 с.

Штыков В.И., Шевелев Я.З., Кошевой О.Ю. Использование стоков животноводческих комплексов на специализированных системах. – М.: Россельхозиздат, 1987. – 87 с.

Щербачев А.С., Когутев С.Г., Коновалов В.А. и др. Использование дождевального аппарата ДД-30 при орошении сточными водами и навозными стоками. // Использование сточных вод и навозных стоков на орошение и удобрение сельскохозяйственных угодий: сб. науч. тр. ВНИИ-ГиМ. – М., 1985. – С. 31-33.

Голченко М.Г., Анженков А.С. Ресурсосберегающая конструкция дождевального аппарата. // Ресурсосберегающие и энергоэффективные технологии и техника в орошаемом земледелии. Междунар. науч.-практ. конф. – Коломна, 2003. – С. 42-45.

### **Summary**

#### ***Anzhenkov A. Improving of Artificial Rain, Produced with Utilization of Livestock Waste***

The short analysis of the trends of artificial rain improving is presented, the specific features of overhead irrigation with utilization of livestock waste are shown. The design sprinkling nozzle is proposed, which will allow to reduce the ecological load on the areas, irrigated by the livestock complex wastes and the adjacent territories, as well as to decrease the waste discharge into the drainage network not reducing the utilization rate. The results of factory testing of the proposed design showed that its utilization allows to increase the irrigation norms to 20-30%, especially in the territories occupied by the crops nitrogen tolerant (rape, permanent grasses).

*Поступила 18 июля 2006 г.*