

УДК 631.347.3'4

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ КОНЦЕПЦИИ КОНСТРУИРОВАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ДОЖДЕВАЛЬНЫХ АППАРАТОВ

И. В. КОБОЗЕВ, В. М. МАРКВАРТДЕ

(Отраслевая научно-исследовательская лаборатория технологии
и механизации орошения)

В результате испытаний дождевальных аппаратов разной конструкции разработаны новые направления их совершенствования. Предложены дождевальные аппараты, работа которых основана на использовании ранее неизвестных сочетаний эффектов: реактивной силы струи, Кореолисова ускорения, центробежных сил, мнимого (видимого) искривления струи, вылетающей из вращающегося ствола. Новые аппараты обеспечивают лучшее качество дождя, отличаются высокой надежностью и простотой конструкции.

В настоящее время конструкции дождевальных аппаратов, как находящихся в производстве, так и вновь создаваемых, относятся к трем основным типам: турбинному, коромысловому и «реактивному». Достоинства и недостатки указанных типов и их модификаций исследовались многими авторами [1, 2]. Главный вывод, который можно сделать после анализа этих исследований, заключается в том, что дальнейшее совершенствование дождевальных аппаратов возможно лишь на основе совершенно новых принципов построения конструкций, так как резервы улучшения известных схем практически исчерпаны.

О принципах конструирования дождевальных аппаратов и требованиях, предъявляемых к ним

При определении сферы поисков такого рода принципов в первую очередь необходимо сформулировать новые дополнительные требования к схемам создаваемых дождевальных аппаратов.

Во-первых, аппараты должны оставаться на стояках без снижения своих эксплуатационных характеристик на весь период службы. Поэтому их надежность и долговечность, устойчивость к различным климатическим воздействиям долж-

ны быть достаточно высокими, чтобы свести к минимуму затраты на техническое обслуживание, а также исключить ежегодные предзимний демонтаж для хранения в складских условиях и последующий монтаж на стояки в предполноводный период.

Выполнение этого требования позволит пересмотреть также существующие критерии уровня металлоемкости аппаратов, причем, как ни парадоксально, в направлении его повышения. Дело в том, что для облегчения монтажа-демонтажа конструкторы старались снизить массу аппаратов не только за счет более рациональных конструктивных решений, но и за счет применения более легких материалов, главным образом алюминиевых сплавов (силуминов), идущих на изготовление корпуса, ствола, комплекта насадок, некоторых деталей привода. Однако эти сплавы значительно дороже других материалов, например стали (в 2—2,5 раза), использование которой для изготовления стволов и ряда других деталей позволит существенно снизить стоимость аппаратов (в несколько раз). Повышение металлоемкости в этом случае не будет иметь большого значения, так как отпадет необходимость в ежегодных перемещениях аппаратов с поля на склад и обратно на поле. Вместе с тем возможна и некоторая компенсация повышения массы установок за счет выбора принципиально новых конструктивных схем. Необходимо отметить еще одно обстоятельство. Из-за высокой стоимости аппаратов из силуминов во многих проектах оросительных систем планируется перенос их с позиции на позицию, что создает не только большие неудобства, так как вместе с аппаратом приходится перемещаться по увлажненному полю, но и ведет к повышению затрат на

содержание дополнительного штата поливальщиков. Кроме того, усложняется конструкция переносного аппарата, поскольку место его соединения со стояком приходится выполнять в виде быстросоединяемой муфты с манжетным уплотнением.

Упомянутое выше существенное снижение стоимости аппаратов позволяет оснастить ими каждый стояк и таким образом избежать необходимости переносить аппараты с одной позиции на другую.

К числу требований, которые должны предъявляться к вновь создаваемым конструкциям, следует отнести минимализацию воздействия аппаратов на стояки, в особенности на место соединения последнего с оросительным трубопроводом, чтобы полностью исключить возможность разрушения этого места. Наиболее неудачна в указанном отношении конструкция отечественных дальнеструйных дождевальных аппаратов коромыслового типа ДА-2. С целью ослабления разрушительного воздействия используют бетонные подушки, обрамляющие место стыка стояка и оросительного трубопровода, однако это существенно осложняет проведение в полевых условиях ремонтных работ, для которых необходимы отбойные молотки и компрессоры.

Минимизация воздействия аппаратов на стояки затрудняется в связи с тем, что согласно новым агротребованиям высота стояков может достигать в отдельных случаях 2—2,5 м. Однако данная проблема может быть решена, если из конструкции аппарата исключить все механизмы привода, в том числе подшипники, оси, червяки, червячные шестерни и другие быстроизнашивающиеся детали. В конструкции останется только один подшипниковый узел ствола, включающий в себя цилиндрический и

торцовый подшипники. Для надежной его защиты от проникновения влаги необходимы сдвоенные манжеты (система «тандем») и каналы водосброса, расположенные между подшипниковым узлом и манжетами, для отвода воды, проникшей за манжеты.

Следует также предусмотреть резервуар для смазки, поступающей в подшипниковый узел, такого объема, который мог бы обеспечить работу аппарата как минимум на половину срока его службы. В этом случае первая закачка смазки должна производиться на заводе после сборки, а вторая — по истечении 4—5 лет в полевых условиях. Данной операцией будут ограничены все трудозатраты на технический уход. Однако более радикальным решением является использование новых полимерных материалов, что позволит создать самосмазывающиеся антифрикционные манжеты-подшипники.

Анализ технических проектов оросительных систем свидетельствует о том, что примерно 80 % всех дождевальных аппаратов должны быть аппаратами кругового действия и 20 % — секторного. Учитывая это, аппараты необходимо максимально унифицировать, приняв конструкцию первых за базовую. Секторные аппараты должны быть модификацией круговых и работать за счет применения специальной приставки для быстрого (чтобы не было переувлажнения в крайних позициях) возврата ствола в первоначальное положение. В качестве аналога такого подхода можно указать на техническую концепцию австрийской фирмы «Бауэр» [3]. Вместе с тем нельзя признать целесообразной концепцию, принятую при создании отечественных аппаратов ДД-30 турбинного типа и секторного действия, которые состоят из 125 деталей, в том числе таких высокоточ-

ных, как подшипники, оси, червяки, червячные шестерни, храповые механизмы с подпружиненными перекидными собачками и т. д. При этом даже в случаях, когда возможно применение аппаратов кругового действия, проектировщики вынуждены закладывать в проекты оросительной системы эти дорогостоящие установки, снабженные механизмом секторного полива, т. е. универсальность здесь достигается за счет большого усложнения конструкции аппарата.

Исследования показали, что для обеспечения вращения ствола дождевального аппарата проще всего использовать крутящий момент от реактивной силы струи, создаваемой либо за счет изгиба основного или дополнительного ствола, либо специальным соплом или насадкой.

Требуемая частота вращения ствола может быть достигнута благодаря использованию таких факторов, как ускорение Кориолиса, искривление (в плане) струи из-за вращения ствола, центробежные силы, а также их сочетание. В этом случае, во-первых, исключаются механические передачи, а, во-вторых, данные факторы возникают только при вращении ствола и исчезают при его остановке, благодаря чему можно получить надежную пусковую характеристику аппарата. Более того, на основе использования указанных эффектов целесообразно начать разработку такого аппарата импульсного дождевания, для которого не нужна была бы сложнейшая система клапанов, затворов, воздушных камер и т. д. Из-за сложности данной системы самый эффективный импульсный полив не нашел широкого распространения.

При изыскании схем, в которых использовались бы перечисленные факторы, целесообразно принять во

внимание весьма интересные результаты наших исследований: при введении в компактную часть струи одного и того же препятствия (например, иглы) на одну и ту же глубину дальность ее полета сокращается по-разному в зависимости от того, где находится препятствие: если в верхней части струи, то сокращение больше, если в нижней — то меньше. Используя этот эффект, можно создать аппараты с хорошей равномерностью распределения дождя без дополнительных сопел, а следовательно, без снижения расхода воды в основном стволе, без уменьшения радиуса полива и увеличения интенсивности дождя.

Первые теоретические и экспериментальные проработки подтвердили целесообразность дальнейшего продолжения исследований в указанном направлении с тем, чтобы найти возможность применения перечисленных выше принципов (подходов) в конструкциях семейства дождевальных шлейфов с карусельными дождевателями [4] и дальнеструйных и среднеструйных аппаратов, устанавливаемых на стационарных и полустационарных оросительных системах [5—7].

Концепция технико-экономической оценки дождевальных машин и аппаратов

В настоящее время технико-экономическая оценка дождевальных устройств производится по следующим показателям: ширине (радиус) захвата поливом, материалоемкости, удельной материалоемкости, коэффициенту эффективного полива (равномерность полива), производительности, надежности, средней интенсивности дождя, среднему диаметру капли, досточковой поливной норме, коэффициенту земельного использования, экономическим

показателям (затраты на капитальное строительство, обслуживание и т. д.).

Остановимся на некоторых, весьма спорных, показателях.

Нередко материалоемкость дождевальных аппаратов или машин оценивается без учета материалоемкости всей оросительной системы, хотя ясно, что легкие дождевальные установки с небольшим захватом, как правило, требуют строительства весьма металлоемкой густой подводящей трубопроводной системы и водорегулирующей арматуры (гидрантов, стояков). Следовательно, при сравнении разных дождевальных аппаратов и машин необходимо учитывать материалоемкость всей оросительной системы, включая сеть, арматуру, вспомогательное и силовое оборудование и т. д., а не только рабочих органов и установок.

Еще более парадоксальная ситуация складывается при использовании существующей методики определения удельной материалоемкости дождевальных установок ($M_{уд}$). Последняя рассчитывается как отношение массы установки к ее производительности, которая до настоящего времени оценивается по количеству воды, выдаваемому машиной (аппаратом) за единицу времени (л/с), т. е.

$$M_{уд} = m/q \text{ (кг} \cdot \text{с/л)}, \quad (1)$$

где m — масса установки, q — расход воды, л/с.

При таком расчете получается, что дождевальные машины ДДН-100 с низким качеством дождя, имеющие радиус полива с учетом перекрытия 110—120 м, массу 800 кг и расход 100 л/с, превосходят все другие установки с лучшими характеристиками всех остальных параметров.

Не совсем верно оценивать удельную материалоемкость дождеваль-

ной машины как отношение ее массы к производительности (P), рассчитываемой по площади, политой за единицу времени:

$$M_{уд} = m/P \text{ (кг·ч/га)}. \quad (2)$$

Определяемая по формуле (2) удельная материалоемкость также не отражает полного преимущества той или иной машины, так как в этом случае не учитывается масса подводящей трубопроводной сети и арматуры, без которых установка не может работать. Видимо, правильнее определять удельную материалоемкость всей оросительной системы в расчете на 1 га, принимая во внимание, что оросительная норма должна быть одинаковой для сравниваемых вариантов.

$$M_{уд} = M_{ос}/W \text{ (кг/га)}, \quad (3)$$

где $M_{ос}$ — масса всей оросительной системы, W — ее площадь.

Наиболее же верной нужно признать оценку, учитывающую расход материалов не на единицу площади, а на получение единицы дополнительного урожая:

$$M_{уд} = M_{ос}/\Delta Y \text{ (кг/ц)}, \quad (4)$$

где ΔY — прибавка урожая, получаемая за счет орошения, со всей площади оросительной системы; $M_{ос}$ — сумма масс дождевальной машины, силового оборудования, подводящей сети, арматуры, системы управления и вспомогательного оборудования.

Коэффициент эффективного полива в настоящее время учитывается по методике, предложенной в [7]. В этом случае распределение дождя по площади определяется с помощью дождемеров. Значение коэффициента эффективного полива должно быть не менее 0,7 (т. е. 70 % площади покрывает эффективный слой осадков, а на остальную ее часть может выпасть больше или меньше воды).

Мы полагаем, что и к оценке данного показателя необходимо подходить несколько иначе, чем принято до сих пор. Одно дело, если испытываются широкозахватные машины, например ДМУ «Фрегат» и ДФ-120, «Днепр». При их работе, как показали исследования, даже при коэффициенте эффективного полива 0,8 почва увлажняется неравномерно. Влажность почвы постепенно (относительно постоянно) уменьшается от гидранта к периферийным участкам, поэтому урожайность культур также уменьшается от центра (или от гидранта) к границам участка.

Совсем другая картина наблюдается при испытании дождевальных шлейфов ШД-25/300, ШД-25/300А, ДШК-20/600, ДШК-20/800 с карусельными дождевателями КД-10 «Тимирязевец» (конструкция ОНИЛ орошения). Здесь происходит мозаичное распределение осадков, т. е. участки в 3—5 м² с избыточным выпадением осадков рендомизированно чередуются с площадками, на которые выпадает меньше дождя, поэтому вода хорошо перераспределяется в почве, что ведет к равномерному увлажнению (табл. 1).

В связи с этим наиболее верной является методика определения равномерности, или коэффициента эффективного полива, по влажности почвы (по Кристьянсену). Вместе с тем следует отметить, что самую точную картину можно получить, определив равномерность распределения урожайности многолетних трав или другой культуры по площади (табл. 1).

Исследования, проведенные нами в Ростовской, Тамбовской, Херсонской, Крымской областях, Ставропольском крае, Молдове, показали, что при поливе ДМУ «Фрегат» значение коэффициента эффективного полива, определяемого по уро-

ню урожайности, практически было таким же, как и по замерам осадков.

При орошении аппаратами «Роса-3» (КИ-50), КД-10 «Тимирязевец» коэффициент эффективного полива, определяемый по влажности почвы, был значительно выше, чем при замерах по слою осадков. При этом значение данного коэффициента, рассчитанное по урожайности люцерны, практически не зависело от равномерности распределения осадков. Это объясняется тем, что названные установки обеспечивают мелкую мозаичность площадок с избытком и недостатком влаги, в результате чего она равномерно распределяется в почве по горизон-

тали за счет анизотропии почвогрунтов.

Как видно из табл. 1, для почв с очень хорошей вертикальной водопроницаемостью равномерность распределения искусственного дождя играет большую роль, чем для тяжелых слабовлагопроницаемых почвогрунтов.

При испытаниях дождевальных машин и аппаратов необходимо учитывать вид культуры. Ясное дело, что нет большой необходимости добиваться очень хорошего распределения дождя при поливе культур с огромной корневой системой или кроной. Например, при поливе садов часть воды, попадающей на крону, стекает с нее к

Т а б л и ц а 1

Результаты определения эффективного полива разными методиками (поливная норма 450 м³/га)

Марка машины	По дождемерам	По влажности почвы через			По урожайности люцерны
		сутки	2 сут	4 сут	
<i>Ставропольский край</i>					
ДМУ «Фрегат»	0,63	0,63	0,65	0,65	0,63
ШД-25/300 с КД-10 «Тимирязевец»	0,56	0,88	0,92	0,95	0,94
<i>Ростовская область</i>					
ДМУ «Фрегат»	0,51	0,54	0,55	0,58	0,56
ДШК-20/800 с КД-10 «Тимирязевец»	0,46	0,82	0,89	0,94	1,00
КИ-50 «Роса-3»	0,53	0,77	0,88	0,90	0,98
<i>Крымская область</i>					
ДМУ «Фрегат»	0,59	0,59	0,60	0,60	0,61
ДШК-20/600	0,56	0,70	0,81	0,81	0,99
<i>Херсонская область</i>					
ШД-25/300	0,39	0,77	—	—	—
ШД-25/300А	0,70	0,94	—	—	—
<i>Тамбовская область, суглинок</i>					
ШД-25/300	0,43	0,81	0,87	0,87	0,94
ШД-25/300А	0,74	0,88	0,89	0,93	0,97
<i>Тамбовская область, супесчаные почвы</i>					
ШД-25/300	0,47	0,63	0,64	0,64	0,89
ШД-25/300А	0,71	0,75	0,78	0,77	0,93

Таблица 2

Зависимость радиуса захвата карусельного дождевателя КДпс-10 «Тимирязевец» М, коэффициента эффективного полива у дождевательных шлейфов ШД-25/300 от продолжительности и технологии орошения (напор на входе в аппарат — 0,44—0,45 МПа, основное сопло — 18,0 мм, скорость вращения аппарата — 0,5 об/мин)

Продолжительность полива, мин	Радиус полива одного аппарата, м		Средняя интенсивность дождя (аппарата), мм/мин	Коэффициент эффективного полива по осадкам
	по следам дождя	эффективный дождь		
<i>Непрерывный полив</i>				
средняя скорость ветра 2,6 м				
120	42,4	39,7	0,071	0,43
240	43,5	40,2	0,069	0,54
360	44,8	43,4	0,059	0,56
средняя скорость ветра 4,8 м				
240	40,8	36,7	0,079	0,38
<i>Прерывистый полив (1 ч полив, 1 ч перерыв),</i>				
средняя скорость ветра 2,9 м				
240	44,6	41,3	0,065	0,68
360	48,4	45,7	0,055	0,71

периферии приствольного круга. Кроме того, благодаря большой площади распространения корневой системы урожайность садов, виноградников и ягодных кустарников (смородина) при поливе дождевальными шлейфами практически не зависит от коэффициента эффективного полива. То же характерно для посадок томатов, перца, огурцов и бахчевых. Гораздо большее значение имеет равномерность распределения осадков для зерновых культур.

Оценивать дождевательные аппараты следует с учетом того, на какой машине или системе они устанавливаются. Например, в случае дождевательных шлейфов при каждом новом поливе водоприемную муфту, а следовательно, и дождевательный аппарат благодаря наличию шарнирного подсоединительного устройства устанавливают на другом месте. Это обеспечивает увеличение равномерности распределения годовой оросительной нормы по площади. Такой эффект полностью отсутствует у машин «Фрегат» и «Кубань», а также стационарных систем. При определении коэффициента эффективного полива необходимо учитывать технологию орошения.

Равномерность распределения дождя по площади в значительной степени зависит от ветра. Известно, что его направление и особенно скорость многократно изменяются в течение суток [4], поэтому, чем больше продолжительность полива, тем более равномерно распределяются осадки, возрастает и радиус полива. При снижении средней интенсивности дождя или повышении поливной нормы увеличивается продолжительность полива, благодаря чему резко повышается коэффициент эффективного полива (табл. 2).

Среднюю интенсивность дождя,

т. е. среднее количество осадков, выпадаемое на единицу площади за единицу времени, затрачиваемого на полив, можно снизить несколькими способами. Первый из них традиционный и самый сложный в конструктивном плане. Он основывается на создании аппаратов низкой интенсивности, т. е. на подборе конструкции и сочетаний расхода воды через аппарат, радиуса захвата и напора. Наиболее простым и самым эффективным техническим решением данной проблемы оказалось создание карусельных дождевателей с удлиненными стволами-консолями [4].

В настоящее время в ОНИЛ технологии и механизации орошения созданы карусельные дождеватели со средней интенсивностью дождя менее 0,1 мм/мин. Снижение по-

следней связано с увеличением площади захвата за счет применения очень сложных широкозахватных машин, т. е. за счет распределения расхода воды по большей длине (ДДА-100М, ДМУ «Фрегат», ДКШ-64 «Волжанка», «Кубань», ДФ-120, «Днепр» и т. д.). Кроме сложности и высокой стоимости, эти машины имеют еще ряд недостатков: жесткие требования к рельефу и конфигурации участка, высокая мгновенная интенсивность дождя, низкие досточковые поливные нормы, уплотнение почвы и т. д.

При разработке стационарных систем со средне- и дальнеструйными дождевателями снижения интенсивности дождя не всегда можно достичь уменьшением диаметра сопла и повышением напора. Хотя в данном случае улучшается структура дождя, уменьшается средний диаметр капли, но при определенном соотношении диаметра сопла и напора дальность полета струи и площадь полива начинают уменьшаться, что с увеличением расхода воды в результате роста давления

ведет к повышению средней интенсивности дождя (табл. 3). В связи с этим конструкторская мысль пошла в направлении совершенствования конструкции сопла и дождевательного аппарата, применения бронзы и других материалов, обладающих хорошими антиадгезивными свойствами, поддающихся полировке и не корродирующих в водно-воздушной среде.

В этом отношении представляет интерес применение сопел с перемной фигурной формой поперечного сечения, полужестких вставок для уменьшения гидравлического трения в стволе, а также выпрямителей потока, разработанных в Тимирязевской академии [8] (рис. 1).

Например, изготовление выпрямителей потока в виде пластины с острыми кромками, установленной в изгибе ствола, наилучшим образом выполняет роль выпрямителя потока. Наибольший эффект достигается в случае, если кромка, направленная к входу в аппарат, имеет вогнутую (серповидную) форму. Тогда наносы направляются в центр потока, где скорость максимальная; перемещающаяся по кромке пластины, они разрезаются. Форма кромки, направленной к выходу (соплу) аппарата, должна быть выпуклой, близкой к гипюре скорости потока в стволе [9] (рис. 1, а).

Другим способом увеличения дальности полета струи, а следовательно, и снижения средней интенсивности дождя за счет выпрямления потока может явиться уменьшение его скорости на входе в ствол и плавное повышение ее благодаря равномерному сужению последнего. При этом на месте изгиба ствола аппарата и перехода его из вертикальной части в наклонную выполняется расширенная колбообразная или шарообразная по-

Таблица 3

Результаты испытаний карусельного дождевателя КД-10 «Тимирязевец» с разными основными соплами и напорами (средняя скорость ветра 2,9 м/мин, продолжительность полива 300 мин)

Напор на входе в аппарат, МПа	Скорость вращения, об/мин	Замеры по следам дождя	Замеры по эффективному осадкам	Средняя интенсивность дождя, мм/мин
<i>Сопло 13,7 мм</i>				
0,45	0,5	35,7	34,0	0,076
0,55	0,5	38,4	34,7	0,080
0,45	0,3	36,9	35,3	0,070
<i>Сопло 15,8 мм</i>				
0,45	0,5	43,5	39,5	0,67
0,45	0,3	46,9	41,8	0,63
<i>Сопло 17,8 мм</i>				
0,43	0,3	41,8	37,9	0,079
0,55	0,3	47,8	44,2	0,060

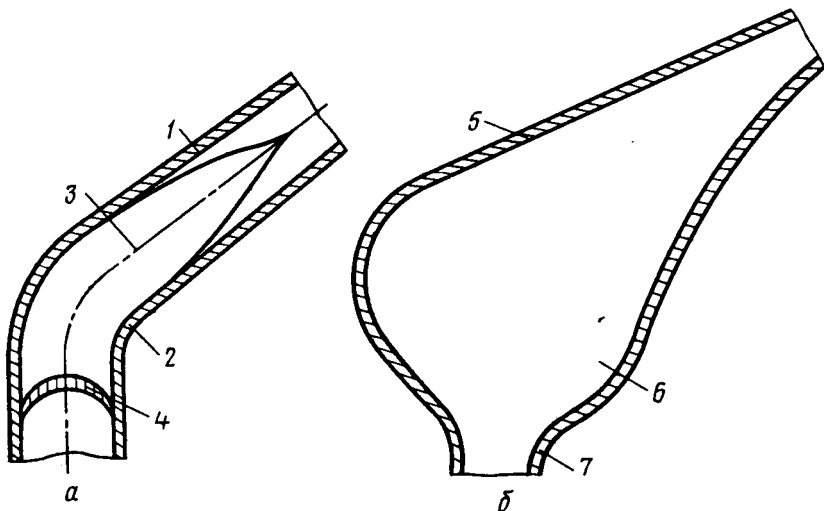


Рис. 1. Схемы выпрямления потока в дождевальнх аппаратах.

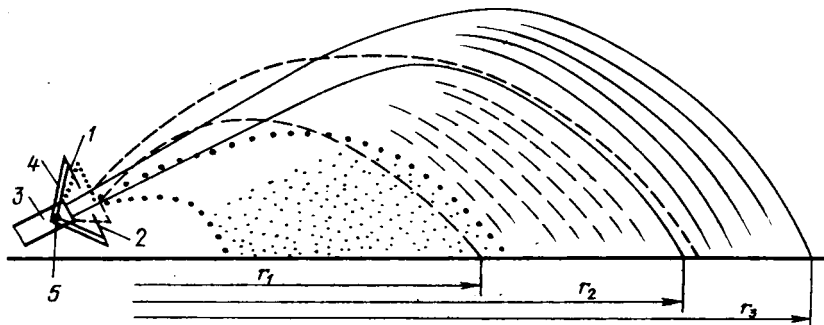
a — за счет выпрямителя: 1 — ствол, 2 — изгиб ствола, 3 — пластина-выпрямитель потока, 4 — острая кромка; *b* — за счет колбообразной или сферической расширенной полости в месте изгиба и плавного перехода ее в конический ствол с соплом и вертикальную часть корпуса: 5 — конический ствол, 6 — расширенная полость, 7 — вертикальная часть корпуса.

лость, в верхней части плавно переходящая в конусовидный наклонный ствол, а в нижней — в стояк корпуса аппарата. Благодаря увеличению сечения и объема полости в месте изгиба скорость

потока снижается. В результате уменьшается его турбулентность и он входит без завихрения в конусообразный ствол, где струя плавно сжимается (рис. 1, *b*). Все это в конечном счете способствует уве-

Рис. 2. Схема разрушения сжатой струи при введении в нее препятствия.

1 — верхняя игла; 2 — нижняя игла; 3 — сопло; 4 — кронштейн для крепления игл 1 и 2; 5 — ось; r_1 — радиус полива при введении иглы в струю сверху; r_2 — при введении иглы снизу; r_3 — радиус дождевания при свободном полете струи.



личению дальности полета струи, снижению интенсивности дождя, а следовательно, и повышению равномерности распределения осадков.

Таким образом, за счет изменения конструкции канала стволов дождевального аппарата можно увеличить эффективность последнего.

Использование эффекта разного разрушения струи, вероятно, позволит изменить и распределение дождя (рис. 2). Возможно, видимо, создание аппарата, у которого под действием, например, силы тяжести в струю сверху вводится игла 1, в результате чего на короткое время струя сильно разрушается и радиус орошения сокращается. После этого под действием струи игла 1 выталкивается вверх и на какое-то время радиус орошения достигает своего максимума, а затем вводится игла 2 снизу, что вызывает малое разрушение струи, причем полив идет по среднему промежуточному радиусу. Под действием своей массы иглы 1 и 2 опускаются вниз. При промежуточном их положении опять происходит беспрепятственный полет струи.

В настоящее время в ОНИЛ технологии и механизации орошения разрабатываются аппараты, у которых периодически импульсно изменяются направление, скорость вращения ствола и расход воды из него, т. е. дальность полета струи [5—6, 9].

В 1987—1989 гг. в Тимирязевской академии был разработан дождевальный аппарат карусельного типа с удлиненными консольными стволами и периодическим изменением направления вращения. В результате исследований было установлено, что периодическое изменение направления вращения аппарата, осуществляемое через несколько оборотов, позволяет повысить коэффициент эффективного

полива в 1,2—1,4 раза, увеличить радиус полива на 1—2 м и снизить интенсивность дождя в 1,15—1,30 раза [10].

Одним из способов снижения интенсивности, улучшения распределения дождя по площади является импульсное и прерывистое дождевание. При импульсном дождевании вода выбрасывается из аппарата мелкими порциями и кратковременный полив в течение нескольких секунд сменяется тактом «отдых». Каждая порция, как правило, выбрасывается на новую площадь благодаря тому, что ствол аппарата в горизонтальной плоскости поворачивается на определенный угол. Недостатками этих аппаратов являются очень низкая надежность и большая сложность конструкции. В ОНИЛ технологии и механизации орошения намечается принципиально новое направление в конструировании импульсных аппаратов, основанное на использовании центробежной силы, появляющейся при вращении ствола и обеспечивающей закрытие потока клапаном, а затем исчезающей при остановке ствола, после чего происходит открытие потока [11] (рис. 3).

Весьма простым и доступным способом снижения средней интенсивности дождя, увеличения продолжительности полива и равномерности распределения осадков является прерывистое дождевание, технология которого разработана в ОНИЛ технологии и механизации орошения [4, 12] (табл. 2). Такое дождевание легко осуществляется попеременным включением в работу либо дождевальных аппаратов из сети или дождевального шлейфа, либо поливных машин (трубопроводов, шлейфов).

Разработаны дождевальные шлейфы с поочередным автоматическим включением дождевальных

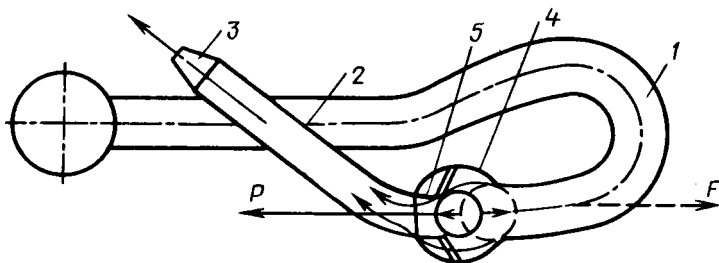


Рис. 3. Схема простейшего импульсного дождевального аппарата.

1 — петлеобразный ствол; 2 — прямой наклонный реактивный ствол; 3 — сопло; 4 — камера клапана; 5 — упоры; 6 — шарообразный клапан.

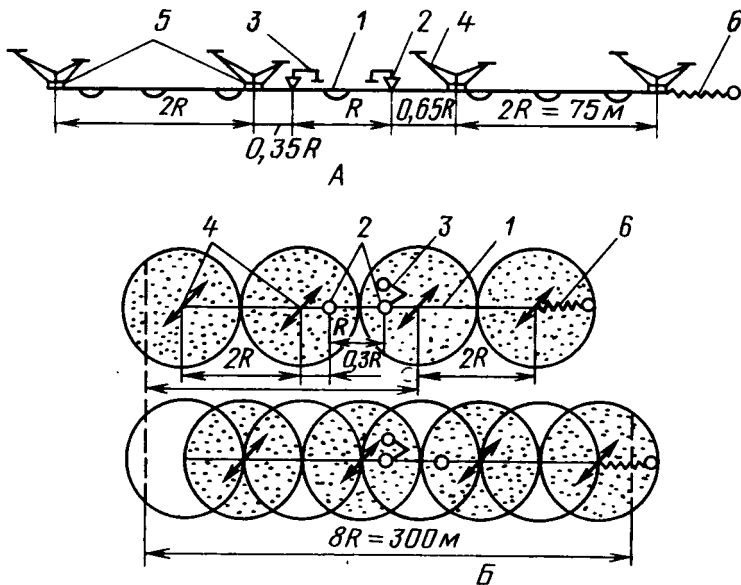
В момент пуска клапан 6 силой давления P прижат к упорам 5, вода выбрасывается из сопла 3, и аппарат начинает вращаться. При вращении возникает центробежная сила F , которая прижимает клапан 6 назад к седлу, и клапан 6 закрывает поток; аппарат останавливается, и цикл повторяется.

аппаратов в работу, при котором исключается одновременное перекрытие окружностей полива [12,

14]. Прерывистое дождевание особенно эффективно на склоновых и слабовлагопроницаемых почвах

Рис. 4. Схема двухпозиционного дождевального шлейфа ШД-25/300А, выпускаемого серийно с 1989 г. (конструкция ТСХА).

А — конструктивная; Б — технологическая схема полива (вверху — 1-я подпозиция; внизу — 2-я); 1 — трубопровод на эллипсоидных лыжах; 2 — водоприемник; 3 — шарнирные соединительные трубы; 4 — дождевальные аппараты КД-10 «Тимирязевец»; 5 — стабилизаторы поперечной устойчивости; 6 — тяга.



[12]. Оно является важнейшим условием предотвращения эрозии почвы и улучшения микроклимата на орошаемом участке.

Самое простое и очень эффективное техническое решение реализовано в двухпозиционных дождевальными шлейфах, серийное производство которых освоило ПО «Автополив» в г. Тирасполе [4, 15]. Суть этого технического решения поясняется на рис. 4. Водоприемные муфты у дождевальных шлейфов установлены попарно через радиус полива. Первоначально образуются политые окружности, которые только касаются друг друга, но не пересекаются. После перемещения шлейфа на следующую позицию, т. е. после подсоединения его второй муфтой, дождевальные

аппараты располагаются в месте касания политых окружностей, что обеспечивает при их включении двойное перекрытие. Таким образом, двухпозиционные шлейфы даже без всяких устройств по автоматизации позволяют производить полив одной и той же площади дважды с разных позиций в разное время, осуществляя перекрытие окружностей полива, равное их радиусу, причем без удвоения интенсивности дождя; поливная норма не зависит от воли поливальщика и выдается минимум за 2 приема. В результате средняя интенсивность дождя уменьшается почти в 3,2 раза, снижается влияние ветра на качество полива, увеличиваются достояковая поливная норма и равномерность полива (табл. 4).

Таблица 4

Результаты испытаний дождевальных шлейфов с карусельными дождевателями КД-10 «Тимирязевец» в 1988 г. (поливная норма 600 м³/га)

Показатель	Херсонская МИС			ТСХА, ШД-25/300
	ШД-25/300А (двухпозиционный принцип)	ШД-25/300 (обычный принцип)		
	скорость ветра, м/с			
	1,4	4,4	1,7	4,3
Давление на гидранте, МПа	0,46	0,46	0,46	0,46
Скорость вращения аппаратов, об/мин	1,0	1,0	1,0	1,0
Диаметр сопел, мм:				
основного	16	16	18	18
дефлекторной насадки	9	9	9	9
дополнительного	5,5	5,5	7	7
Расход воды машиной по дождемерам, л/с	26,7	26,7	25,0	25,0
Гидравлические потери давления в трубопроводе, МПа	0,06	0,06	0,08	0,08
Расстояние между гидрантами шлейфа, м	60	60	60	60
Расстояние между распределительными трубопроводами сети, м	300	300	300	300
Площадь полива от 1 гидранта, га	1,8	1,8	1,8	1,8
Радиус полива, м	40,0	36,5	35,4	32,3
Средняя интенсивность дождя, мм/мин	0,045	0,045	0,13	0,173
Кoeffициенты полива:				
эффективного	0,72	0,51	0,39	0,32
недостаточного	0,14	0,24	0,37	0,39
избыточного	0,16	0,35	0,24	0,28
Средний диаметр капель, мм:				
дальнеструйного ствола	1,2	1,2	1,5	1,5
короткоструйного ствола	0,8	0,8	1,0	1,0
Норма полива до стока, м ³ /га	500	500	380	—

Одним из важнейших технико-экономических показателей является производительность машины. Как правило, под этим подразумевают расход воды (q , л/с), что явно неверно. При такой оценке ДДН-100 следует считать одной из самых производительных машин. Правильнее при оценке данного показателя учитывать все трудозатраты поливальщиков, трактористов, операторов насосных станций, наладчиков и т. д. на обслуживание всей системы. Тогда производительность выражается в гектаро-поливах на человеко-час при определенной поливной норме, либо в трудозатратах на 1 гектаро-полив. Однако и такой показатель не позволяет учесть самое главное, т. е. урожайность, ради которой и производится полив.

Всего чаще сравнивают затраты труда на производство продукции на оросительных системах в целом или затраты труда на орошение, отнесенные к прибавке урожая (чел-ч на 1 т продукции). Правильность такого подхода подтверждается анализом деятельности ряда РПО «Полив», который показывает, что затраты труда на орошение собственно поливальщиков составляют 25—50 %, при этом общие затраты на оросительных системах с использованием разных машин практически одинаковы. В то же время урожайность одних и тех же орошаемых культур существенно зависит от техники и способа полива. Например, практика хозяйств Кемеровской области показала, что урожайность овощных и пропашных культур при орошении дождевальными шлейфами с карусельными дождевателями типа КД-10 «Тимирязевец» на 15—37 % больше, чем при орошении ДДН-70 или ДКШ-64 «Волжанка».

Средняя интенсивность дождя является одним из основных показате-

телей его качества. Считается, чем она ниже, тем меньше опасность поверхностного стока. В идеальном случае средняя интенсивность дождя не должна превышать скорость впитывания воды почвой (водопроницаемости). Поскольку последняя уменьшается при увеличении влажности почвы, необходимо стремиться к тому, чтобы средняя интенсивность дождя не превышала средней водопроницаемости во время выдачи всей поливной нормы. В этом случае досточковая норма будет равна поливной, агрономически заданной. Если такое орошение за один прием нельзя произвести, то следует переходить на прерывистый, или импульсивный, полив.

Можно осуществить бесстоковый полив при довольно высокой интенсивности осадков, если обеспечить очень мелкий, мягкий дождь. Однако это не всегда достижимо и целесообразно, так как на получение мелкодисперсного дождя затрачивается значительное количество энергии. Тем не менее средний диаметр капель является важным показателем. Он не должен превышать 1,5 мм для большинства культур. Нужно учитывать также и структуру дождя, т. е. доли капель разного размера. Требования к этим показателям выше для почв с низкой водопропускной способностью, пропашных, овощных и плодовых культур, особенно в период всходов и цветения. Довсходовые и послевсходовые поливы необходимо производить мелкокапельным дождем, чтобы уменьшить опасность образования корки и повреждения проростков и всходов. Чем меньше диаметр капли, тем больше отношение ее поверхности к объему, т. е. к массе, тем выше «парусность» дождя, тем меньше скорость падения капли и сила ее удара о почву. Мелкокапельный дождь в весенний период

способствует предотвращению повреждения сельскохозяйственных культур заморозками (противоамороzkовый полив), а при очень жаркой погоде такое освежительное орошение дает огромный эффект, особенно в период цветения и оплодотворения растений. У кукурузы, например, увеличивается озерненность початков, у зерновых исключаются запалы. Вместе с тем следует отметить, что для получения мелкокапельного дождя требуются дополнительные энергетические затраты, а при ветре возможны большие потери влаги и резкое снижение равномерности полива. В целом следует стремиться к тому, чтобы почва меньше уплотнялась дождем, либо, если уплотнение неизбежно, нужно обеспечить относительную его равномерность. Последнее как раз и достигается правильной расстановкой аппаратов на машине или системе.

Достоковая поливная норма относится к одному из важнейших показателей оценки. Чем она выше, тем лучше считается машина или аппарат. Оценивая последний по этому показателю, следует принимать во внимание, для какой машины он предназначен или по какой технологии он будет использоваться. При таком включении дождевальных аппаратов или поливных установок, например дождевальных шлейфов ДШК-20/600, когда предотвращается смыкание окружностей увлажнения, полив можно производить до тех пор, пока не появится устойчивый сток воды за пределы окружностей [4].

Кэффициент земельного использования применяется для сравнения машин. Однако все же правильнее их сравнивать по средней урожайности культуры, получаемой с единицы брутто-площади, поскольку при работе ряда машин возможно повреждение растений, уплотнение

грунта и т. п., что снижает урожайность. Интересно отметить, что дождевальные шлейфы, которые перемежаются продольно при поливе пропашных культур, садов, виноградников и т. д., располагаются в междурядьях и практически не заминают растения. При перемене шлейфов по травам последние быстро восстанавливаются, а у зерновых наблюдается краевой эффект, компенсирующий заминание.

К основным экономическим показателям необходимо отнести срок окупаемости оросительной системы, условный чистый доход с единицы площади, дополнительный чистый доход, получаемый от орошения, при расчете которых как раз и учитываются все затраты, т. е. себестоимость дополнительной и валовой продукции. До 1991 г. дождевальные шлейфы ШД-25/300А, ДШК-20/600 окупались за 1 год. По ценам 1992 г. срок окупаемости систем с этими машинами увеличился до 3—4 лет.

Следует еще раз подчеркнуть, что при оценке дождевальной машины и дождевального аппарата должны учитываться чистый доход, урожайность и затраты (металла, труда, денежных средств) в целом по оросительной системе. При этом последние необходимо соотносить с первыми.

При выпуске дождевальных машин важно учитывать их возможное воздействие на экологическую обстановку на площади. Общеизвестно, что такие широкозахватные машины, как ДФ «Днепр», ДМУ «Фрегат», ДМ «Кубань», ДКШ-64 «Волжанка», применимы на ровных широких участках. Поэтому в ряде случаев требуется уничтожение отдельных деревьев, колков, древесно-кустарниковых куртин, блюдцеобразных понижений с уникальными фитоценозами. Таких недостатков

лишены дождевальные шлейфы с продольным перемещением [4].

Названные широкозахватные машины фронтального и кругового действия работают, как правило, от стационарной сети. Они очень сложны в монтаже и эксплуатации. Чтобы обеспечить занятость высококвалифицированных специалистов, хозяйства вынуждены использовать такие машины на полную мощность, что часто приводит к нарушению гидрологического режима, причем в случае поднятия грунтовых вод эти системы практически невозможно демонтировать и перенести на другие участки.

В отличие от указанных систем дождевальные шлейфы, в особенности в сочетании с быстросборными трубопроводами-шлейфами, легко можно переместить с орошаемого участка на новый, еще не орошенный. Они позволяют организовать экологически чистое передвижное орошение [16].

Выводы

1. При оценке дождевальных аппаратов и машин не следует ограничиваться их сравнением по конструктивным показателям, а учитывать затраты материально-денежных и трудовых ресурсов в расчете на оросительную систему в целом и соотносить эти показатели с урожайностью и чистым доходом, получаемым с брутто-площади.

2. Традиционный подход к конструированию дождевальных аппаратов и машин практически исчерпан себя, необходимо перейти к разработке простых и надежных дождевальных устройств, работающих на основе сочетания реактивной силы с такими эффектами, как Кореолисово ускорение, центробежные силы, искривление вылетающей из вращающегося

ствола струи. Эти эффекты появляются при вращении ствола и исчезают при прекращении кругового движения.

3. Введение препятствий в компактную, сжатую струю сверху разрушает последнюю сильнее, чем введение их снизу; этот эффект можно использовать для увеличения равномерности полива.

4. На основе нового подхода к технике-экономической оценке дождевальной техники созданы высокоэффективные, простейшие, надежные, производительные, экологически чистые дождевальные машины — дождевальные двухпозиционные шлейфы (ШД-25/300А и др.) с карусельными дождевателями, которые выпускаются серийно и по качеству дождя и технико-экономическим показателям не уступают лучшим мировым образцам.

5. Определены наиболее важные на современном этапе развития оросительной техники требования к дождевальным машинам и аппаратам.

ЛИТЕРАТУРА

1. Маркварте В. М., Цицишвили Т. З. Современные конструкции дождевальных аппаратов.— Гидротехника и мелиорация, 1964, № 6, с. 21—27.— 2. Цицишвили Т. З., Маркварте В. М. Совершенствование конструкции дождевальных аппаратов с вращающимся стволом.— Гидротехника и мелиорация, 1984, № 6, с. 48—50.— 3.— Дождевальные аппараты фирмы «Бауэр» (Австрия).— Проспекты 1982 г.— 4. Метельский З. И., Кобозев И. В., Бредихин Н. П. Семейство дождевальных аппаратов с карусельными дождевателями и их использование в сельском хозяйстве.— М.: ТСХА, 1988.— 5. Маркварте В. М., Кобозев И. В., Лямперт Г. П., Губер К. В. Дождевальный аппарат.— Заявка на изобре-

ние с положит. решением ВНИИГПЭ на выдачу патента № 4943538/15 (04803), приоритет от 07.06.91.— 6. *Марквартде В. М., Кобозев И. В.* Дождевальная аппарат секторного действия.— Заявка на изобретение с положит. решением ВНИИГПЭ на выдачу патента № 4945708/15 (050421), приоритет от 17.06.91.— 7. *Колесник Ф. И.* Методика оценки эффективности дождевальных машин.— М.: ЦНИИТЭИ, 1975.— 8. *Кобозев И. В.* Дождевальная аппарат.— Авт. свид. СССР № 1655375, 1991.— 9. *Кобозев И. В., Марквартде В. М., Хейдорф И. К.* Дождевальная аппарат.— Заявка с положит. решением ВНИИГПЭ № 4946135/15 (605902), приоритет от 17.06.91.— 10. *Метельский З. И., Хейдорф И. К., Гераськин В. А., Кобозев И. В., Игнатов Р. С.* Дождевальная аппарат.— Авт. свид. СССР № 1445640, 1987.— 11. *Кобозев И. В.* Дождевальная аппарат им-

пульсного действия.— Заявка с положит. решением ВНИИГПЭ № 495028/15, приоритет 26.06.91.— 12. *Кобозев И. В., Барановский А. Б., Пеньков М. С.* Роль возделывания многолетних трав в борьбе с водной эрозией почв на склонах.— Изв. ТСХА, 1987, вып. 3, с. 28—40.— 13. *Кобозев И. В.* Дождевальная шлейф.— Авт. свид. СССР № 1628966, 25.11.90.— 14. *Кобозев И. В.* Дождевальная шлейф.— Авт. свид. СССР № 1595401, 25.11.88.— 15. *Метельский З. И., Гераськин В. А., Кобозев И. В., Якушев В. Н.* Универсальная двухпозиционный широкозахватный дождевальная шлейф.— Авт. свид. СССР № 1251831, 6.12.84.— 16. *Метельский З. И., Кобозев И. В., Хейдорф И. К.* Быстросборная передвижная дождевальная система.— Авт. свид. № 1630689, 19.10.88.

Статья поступила 14 июля 1992 г.

SUMMARY

As a result of testing rainers of different construction new trends in improving them have been developed. The rainers are offered which operate on the base of using combinations of the effects that were not used before; these are: the effect of reaction force of spray, of Coriolis acceleration, of centrifugal forces, of imaginary (visible) deflection of spray emerging from rotating barrel. New rainers provide better quality of rain, are highly reliable and simple in design.