

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ И ТЕХНИКИ ИМПУЛЬСНОГО ОРОШЕНИЯ

А.А. Терпигорев

ФГНУ ВНИИ «Радуга», г. Коломна, Россия

Совершенствование технологий импульсного орошения и создание для их реализации технических средств механизированного и автоматизированного полива обусловлено их наибольшим соответствием современным требованиям экологической безопасности орошения, экономии оросительной воды и вносимых с ней элементов питания. Необходимость совершенствования технологий и техники импульсного орошения также обусловлена техническим прогрессом в области развития передовых агротехнологий и оптимизацией режимов орошения для повышения урожайности сельскохозяйственных культур. Эти особенности технологий в период пикового потребления позволяют снизить нагрузку на водоисточник, что, в целом, повышает устойчивость орошаемых агроландшафтов.

В основе импульсного орошения заложен принцип дискретного регулирования водоподачей в объемах и интенсивности, определяемых впитывающей способностью почвы, и водопотребления растениями без изменения её параметров на гидранте оросительной сети в процессе полива. Импульсное регулирование водоподачей может применяться практически на всех современных способах орошения: в дождевании, поверхностном поливе, капельном и внутривпочвенном орошении и мелкодисперсном (аэрозольном) увлажнении.

Импульсное дождевание применяют для создания необходимого уровня влажности расчетного слоя почвы, обеспечения его питательного и аэрационного режимов, в соответствии с суточным потреблением и развитием растений, с поддержанием оптимального микроклимата надземной части растений на протяжении всего вегетационного периода их развития.

Разработанные ранее комплекты синхронно-импульсное дождевания КСИД-10 и КСИД-1 характеризуются многократной кратковременной в течение 2...3 секунд подачей дождя и продолжительными паузами от 90 до 120 мин., на протяжении которых обеспечивается впитывание поданной воды без возникновения эрозии почвы и образования стока. Интенсивность водоподдачи при импульсном дождевании определяется, исходя из суточного водопотребления орошаемых культур, которая в зависимости от их вида и природных условий составляет от 20 до 100 м³/га.

Импульсная подача дождя способствует увлажнению надземной части растений, создавая в ней повышенную влажность, что наиболее благоприятно сказывается на урожайности зеленых культур, чайных плантациях, табаке и других сельскохозяйственных культурах.

Недостаток этой технологии состоит в низкой эффективности её применения при дефиците влажности почвы, которую можно восполнить при малоинтенсивном импульсном дождевании. Разработанный комплект импульсного дождевания КСИД-Р позволяет восполнить этот дефицит в более короткий промежуток времени путем непрерывной подачи увеличенного расхода, а дальнейшее поддержание влажности осуществлять импульсным дождеванием.

Наиболее адаптирован к такой ситуации комплект импульсного дождевания

КИД-1. В отличие от комплектов синхронно-импульсного дождевания КСИД-1 и КСИД-Р его импульсное дождевание осуществляется за счет оборота воды между отдельными участками орошаемой площади. Такой принцип последовательного водооборота и его программное обеспечение позволяет расширить диапазон задаваемых импульсов водоподачи и пауз между ними. Это позволяет в короткий срок не только восстановить исходный предполивной режим влажности почвы, но и восполнить дефицит элементов питания в начале вегетации на отдельных участках орошаемой площади [1].

Импульсное аэрозольное увлажнение (мелкодисперсное дождевание) – является целенаправленным способом поддержания микроклимата надземной части растений. В зависимости от температуры, влажности воздуха и скорости ветра испарение мелких капель дождя с листовой поверхности составляет 15...40 мин., эффект последствий продолжается в течение 30 – 60 мин.

Мелкодисперсное дождевание на чайных плантациях на 6 – 12⁰ снижает температуру, повышает относительную влажность воздуха на 25 – 37 % и повышает его урожай до 43,3 ц/га. Ежедневная импульсная подача воды при мелкодисперсном увлажнении (полив - 5 мин., пауза – 40 мин.) в условиях Крыма повысила исходную влажность воздуха с 25-35 % до 35-55 % , снизила его температуру на 2 – 4⁰С, при этом урожайность составила 99,8 ц/га, а на богаре всего – 58,7 ц/га.

Отечественные и зарубежные исследования в США, Англии и Италии показали, что ряд сельскохозяйственных культур наиболее отзывчивы на аэрозольное орошение и повышают свою продуктивность: кукуруза – в 1,4 раза; соя – в 1; табак – в 1,25; свекла – в 1,3; томаты – в 1,2 и огурцы – в 1,4 раза, по сравнению с обычным дождеванием. Разовая норма увлажнения находится в пределах 0,8 – 1,0 м³/га.

Для мелкодисперсного увлажнения применяют различного вида передвижные установки. При переходе на возделывание низкорослых садов, наибольшую перспективность имеют стационарно-сезонные комплекты аэрозольного увлажнения.

Комплект аэрозольного (мелкодисперсного) увлажнения КАУ-1 ВНИИ «Радуга» оснащен системой автоматизации импульсной подачи воды, имеет упрощенную конструкцию мачты. Универсальность оборудования позволяет его применить и для широкого спектра сельскохозяйственных культур [2].

Капельное орошение – один из самых водосберегающих способов орошения. С его применением создаются условия возможности формирования корневой зоны растений в расчетных горизонтах почвы. Однако сложность применения капельного орошения состоит в правильности выбора расстояния между капельницами, их расходами и расчетной глубиной увлажнения слоя почвы на почвах с различными капиллярными свойствами. На песчаных почвах диаметр контура увлажнения растет очень медленно и составляет 5...10 см и практически вся вода просачивается в нижние горизонты. Система импульсно-капельного орошения ВНИИ «Радуга» с водовыпусками, оснащенными гидроаккумуляторами, позволила увеличить диаметр контура увлажнения за счет многократной импульсной подачи небольших объемов воды и впитывания их в течение продолжительных пауз. Однако конструкция систем из-за присущей ей сложности

имеет невысокую надежность, а продолжительность задаваемых циклов сработки имеет ограниченный диапазон, определяемый продолжительностью заполнения гидроаккумуляторов.

Принцип действия системы импульсно-капельного орошения может быть упрощен с применением циклического водооборота между отдельными поливными участками. Проведение такого водооборота внутри орошаемой площади достигается последовательной и многократной подачей воды в распределительные трубопроводы капельного полива, оснащенные капельницами компрессионного типа. Автоматизация такого полива достигается установкой на входе в распределительные трубопроводы гидравлических клапанов с программным управлением.

Разновидностью импульсно-капельного орошения является мелкоструйчатое импульсное орошение. Разработанный модуль мелкоструйчатого импульсного орошения садов МИЛОС состоит из установленной на опоре периодически опорожняющейся накопительной емкости с гидравлическим распределителем, распределительных и поливных трубопроводов с водовыпусками. Водовыпуски выполнены в виде отверстий диаметром 1,5...2,5 мм, что исключает необходимость проведения тонкой очистки оросительной воды.

Продолжительность импульса водоподачи определяется объемом слива воды из накопительной емкости при непрерывно подводимом расходе 0,2...0,4 л/с, а продолжительность пауз - продолжительностью заполнения накопительной емкости умноженной на количество последовательно работающих поливных трубопроводов [3].

Импульсный полив по бороздам позволяет исключить ряд недостатков традиционного полива. Равномерность распределения поливных норм при традиционном поливе по длинным бороздам (200-400 м) постоянным расходом на момент добегаания не превышает 0,5, а дальнейшее доувлажнение для повышения равномерности сопровождается 50 % потерями оросительной воды на концевой сброс и глубинное промачивание почвы. Уменьшение подаваемого расхода в период доувлажнения хотя и позволяет сократить концевой сброс и повысить равномерность увлажнения почвы до 0,7, но усложняет техническую реализацию такого процесса полива.

Импульсный полив по бороздам позволяет снизить переувлажнение начальных участков борозд, повысить равномерность распределения поливной нормы по их длине и сократить концевые сбросы. Эффект повышения равномерности увлажнения почвы по длине поливных борозд при импульсном поливе обусловлен снижением скорости впитывания воды почвой после первого импульса водоподачи за счет полного впитывания в паузу ранее поданного объема воды, кольматации дна борозды взвешенными в нем частицами почвы и заземления воздуха в капиллярах почвы [4].

Импульсный полив по бороздам постоянным расходом, подаваемым импульсами постоянной продолжительности, не превышающими времени добегаания воды по увлажненной борозде, уменьшает переувлажнение начальных участков борозд, повышает равномерность распределения поливной нормы до 0,70...0,80 и сокращает концевые сбросы до 5...10 %.. Уменьшение подаваемого расхода поливной струи в период доувлажнения до заданной поливной нормы

позволяет практически исключить концевой сброс и довести равномерность распределения поливной нормы до 0,85...0,95. Однако механизация и автоматизация такого импульсного полива связана с определенными трудностями без изменения расхода и напора воды на гидранте.

Для импульсного полива переменным расходом по бороздам в США применяют системы типа «Каблигатор». Однако сложность такой системы определяет весьма ограниченную её применимость.

Для импульсного полива по длинным бороздам переменным расходом, без изменения напора и расхода на гидранте ВНИИ «Радуга», разработано шланговое поливное устройство АШУ-4. Устройство состоит из намотанного на барабане гибкого шланга, в концевой части которого выполнены водовыпуски, рассчитанные на пропуск расходов, уменьшающихся по величине к его концевой части. Привод барабана гидравлический, период его сработки задается на генераторе импульсов. При перемещении шланга сначала в борозду на протяжении импульса водоподачи подается наибольший расход воды. При последующем перемещении над этой же бороздой закрытого водовыпуска в подаче воды в эту борозду наступает пауза. Затем над этой же бороздой проходит следующий водовыпуск, открытый на пропуск уменьшенного расхода и т.д. Величины расходов водовыпуска и продолжительность импульса водоподачи могут быть подобраны для конкретных условий впитывания с точностью, исключающей образование концевой сброс воды, сокращены периоды добега и доувлажнения.

Полив малым расходом по коротким бороздам исключает возможность возникновения эрозии почвы и позволяет обеспечить наиболее благоприятный водный режим почвы. Однако полив по коротким бороздам требует сокращения расстояния между поливными трубопроводами, а их перемещение по полю, по опыту применения в США, требует увеличения затрат физического труда.

Для механизации полива по коротким бороздам расходами от 0,1 до 0,3 л/с на базе дождевальных машин ДКШ-64 ВНИИ «Радуга» разработаны конструкции поливных шлейфовых машин ТКП-90 и ТКУ-100 для полива водой и животноводческими стоками [5]. Реализуемый с их применением полив с рассредоточенной через 50 м подачей расходов по длине 400-метровых борозд обеспечивает равномерность распределения поливной нормы от 0,65 до 0,75. Равномерность распределения поливной нормы может быть повышена до 0,80...0,95, если полив с рассредоточенной подачей проводить в импульсном режиме переменным расходом. Для механизации такого полива по поперечной схеме разработана поливная шлейфовая машина ТКУ-100 П_р. Машина работает позиционно от гидрантов оросительной сети и состоит из двух крыльев, каждое из которых представляет собой водопроводящий трубопровод, на котором, как на оси, жестко установлены опорные колеса. В середине водопроводящего трубопровода каждого крыла установлена приводная тележка для его перемещения при смене позиций вдоль линии гидрантов. Шлейфы поливной машины выполняют двухсекционными. Из первой секции осуществляется импульс подачи наибольшего расхода на норму добега, а из второй – после паузы, равной продолжительности времени, затрачиваемого машиной на смену позиций, осуществляют равное по продолжительности доувлажнение из второй

секции поливного шлейфа с водовыпусками уменьшенного расхода.

Для импульсного полива по коротким бороздам по продольной схеме на базе этой же машины ТКУ-100 разработан колесный трубопровод ТКУ-100 ПП. На нем вместо поливных шлейфов вдоль его водопроводящего трубопровода укреплены, соединенные с ним через тройники, поливные звенья с водовыпусками для подачи воды в борозды.

Полив орошаемой площади осуществляют по участкам суточного полива, разделенными, в свою очередь, на короткие участки позиционного полива длиной 18...27 м. Импульсный полив участка суточного полива начинают с нижележащего по уклону короткого участка на норму добегания, как наименее увлажняемого при традиционном поливе длинных борозд. Затем машину перегоняют на следующий вышерасположенный короткий участок, создавая паузу в водоподаче, и проводят полив по сухому участку борозды и продолжают его подачу по времени добегания воды до конца увлажненного нижележащего участка. Потом машину перегоняют к следующему гидранту и т.д. Полив последнего короткого участка также осуществляют с доувлажнением всех нижележащих участков площади суточного полива [6].

Одно из достоинств внутрипочвенного орошения состоит в практическом исключении препятствий при проведении агротехнических мероприятий при возделывании сельскохозяйственных культур. Его применение увеличивает урожайность орошаемых культур на 20-30 %. Наибольшая эффективность от применения внутрипочвенного орошения достигается при круглогодичном орошении сточными водами. При этом величина оросительных норм может достигать 2500 – 3000 м³/га. На системе ВНИИ «Радуга» внесение сточных вод в течение 10 лет увеличило содержание гумуса в почвенном слое в 1,5 – 2,8 раза по сравнению с контролем. Содержание калия возросло в 2 – 3 раза, фосфора (P₂O₅) – в 1,5 – 3 раза. Улучшение структуры почвы повысило урожайность трав при 3-х разовом укосе до 80 ц/га против контроля – 40-50 ц/га. Однако использование сточных вод и оросительной воды при этом способе орошения не всегда рационально, а в отдельных случаях, экологически небезопасно. Несмотря на то, что соотношение частей восполнения

Таблица 1 – Технические характеристики модулей технических средств импульсного орошения

Наименование показателей	Значения показателей по видам оборудования и способам орошения								
	Дождевание		Аэрозольное	Капельное		Полив по бороздам			Внутрипочвенное
	КСИД-Р	КИД-1	КАУ-1	СКО-И	МИЛОС-1	АШУ-4	ТКУ-100 Пр	ТКУ-100 ПП	ВПО-И
Тип	стационарно-сезонный				стационар.	передвиж.	передвиж, фронтальн.		стационар.
Площадь орошения, га	1,0	1,0	1,0	до 10	1,2	до 5	до 80	до 80	1,0
Напор, МПа	0,65	0,6	0,25	до 0,6	0,15	0,4	0,25	0,25	0,02
Расход модуля, л/с импульсный режим непрерывный режим	1,05 7,2	до 2,0 до 2,0	до 3,2 до 3,2	до 17 до 17	до 1,2 до 1,2	до 4 до 4	до 110 до 110	до 110 до 110	14...15 14...15
Средний расход водовыпуска, л/с	до 0,3	до 0,3	0,03	до 0,004	до 0,3	1,0 – 0,25	0,2...0,05	0,1...0,2	0,0007... 0,0008
Продолжительность импульса, мин.	0,08	1...720	от 1 и более	30...60	3	15...60	100...485	50...250	30...60
Продолжительность паузы, мин.	1,5...2,0	от 1 и более	от 1 и более	30...90	от 24	15...60	25...30	15...20	30...60
Количество последовательно работающих модулей, шт.	1	1	1	2...3	1	1	1	1	2...3
Коэффициент эффективного полива	от 0,7	от 0,7	–	0,85...0,95	от 0,7	0,7...0,85	0,80...0,90	0,80...0,90	0,8...0,95
Коэффициент надежности	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
Обслуживающий персонал, чел.	1 на 10 комплек.	1 на 10 комплек.	1 на 10 комплек.	1 на 10 комплек	1 на 10 комплек.	1 на 10 комплек.	1 на 2 машины	1 на 2 машины	1 на 10 комплек.
Масса комплекта, кг	485	290	740	до 4000	1260	425	7000	7000	200

влагозапасов воды в почве и расходуемых на испарение с применением ВПО преобладает почти в 50 раз (0,98/0,02), обеспечение влагой почвенного слоя над увлажнителями является весьма проблематичным, поскольку для обеспечения влагой почвенного слоя над увлажнителями требует проведения длительного увлажнения. В отличие от способов подачи воды на поверхность почвы или из трубопроводов капельного орошения, сезонно укладываемых на глубину до 10 см от поверхности, т.е. практически в зону развития корневой системы, увлажнение почвы над увлажнителями происходит только под действием сосущих сил почвы. Устройство экрана под увлажнителями сокращает гравитационное просачивание оросительной воды в нижние горизонты, но импульсная подача воды в увлажнители позволяет дополнительно увеличить относительную продолжительность действия капиллярных сил над гравитационными и, тем самым, снизить потери оросительной воды на глубинные утечки. Импульсная подача воды на системе внутрипочвенного орошения достигается установкой управляемых клапанов на входе в распределительные трубопроводы модульных участков.

Основные технические характеристики технических средств импульсного орошения приведены в таблице 1.

Литература

1. Ольгаренко, Г.В. Методические рекомендации по орошению сельскохозяйственных культур на участках со сложной топографией с применением комплектов импульсного дождевания / Г.В. Ольгаренко, В.И. Городничев, А.А. Терпигорев и др. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2010.
2. Савушкин, С.С. Исследования системы мелкодисперсного дождевания / С.С. Савушкин, А.А. Терпигорев, С.А. Гжибовский. // «Мелиорация и водное хозяйство». - № 6. - 2010.
3. Ольгаренко, Г.В. Рекомендации по монтажу и эксплуатации модуля мелкоструйчатого орошения садов и виноградников (МИЛОС-М) / Г.В. Ольгаренко, А.А. Терпигорев, А.В. Грушин и др. – М.: МСХ РФ, 2008.
4. Терпигорев, А.А. Механизированные технологии полива с дискретным регулированием подачи воды в борозды / А.А. Терпигорев. – МиВХ. - №3. - 2004.
5. Терпигорев, А.А. Подготовка животноводческих стоков и их внесение с поливом по бороздам на прифермских участках / Сборник тезисов докладов Международного конгресса «Вода: экология и технология. ЭКВАТЭК – 2008». - М., 2008.
6. Терпигорев, А.А. Водосберегающие технологии полива по бороздам с применением базовых широкозахватных дождевальных машин / А.А. Терпигорев // Материалы международной научно-практической конференции «Социально-экологические проблемы сельского и водного хозяйства» ч.І. - М.:МГУП, 2010.