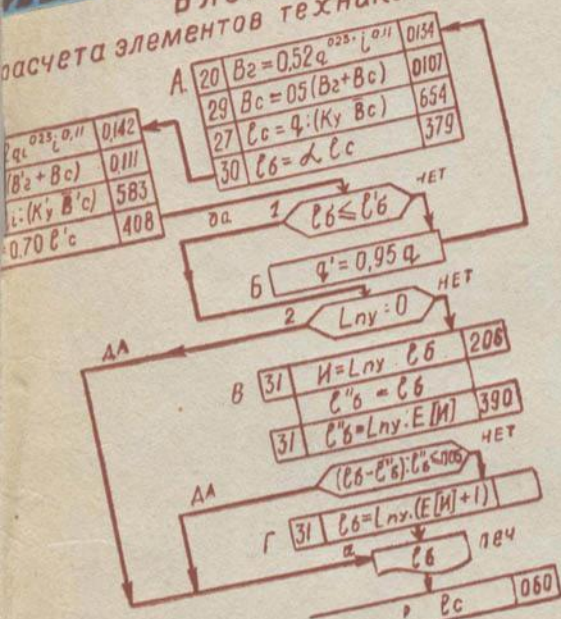


Блок-схема
расчета элементов техники полива по бороздам



Л. А. ВАЛЕНТИНИ, Р. М. АВЕРБУХ

СИСТЕМА ПОЛИВА ПРОПАШНЫХ КУЛЬТУР ПО ПРОТОЧНЫМ БОРОЗДАМ И методика расчета его элементов

БЗуха

К 45
БИБЛИОТЕЧНАЯ СЕРИЯ

Л. А. ВАЛЕНТИНИ, Р. М. АВЕРБУХ

СИСТЕМА ПОЛИВА

ПРОПАШНЫХ КУЛЬТУР
ПО ПРОТОЧНЫМ БОРОЗДАМ
И МЕТОДИКА РАСЧЕТА ЕГО ЭЛЕМЕНТОВ

Войнову Корамову
Дзювскому
с уважением
Авербух

10.08.76

ИЗДАТЕЛЬСТВО „КЫРГЫЗСТАН“
ФРУНЗЕ 1976

Валентини Л. А., Авербух Р. М.

В 15 Система полива пропашных культур по проточным бороздам и методика расчета его элементов. Ф., «Кыргызстан», 1976 ©

72 с. с ил. (Библ. серия). Список лит.: с. 69.

В работе освещается опыт орошения пропашных культур (главным образом хлопчатника) по проточным бороздам в передовых хозяйствах Ферганской долины, в соответствии с которым рекомендуется технологический процесс проведения поливов и излагается последовательность расчета оптимальных размеров элементов техники полива. Работа рассчитана на инженеров-гидротехников и агрономов проектных, научно-исследовательских институтов и производителей.

435—125
М 451 (17)—76

4—3—5

© Издательство «Кыргызстан», 1976

631.6

Орошение посевов сельхозкультур призвано обеспечить водно-физический режим почвы, оптимальный для вегетации растений. Такой режим искусственно создается при помощи поливов. Техника полива должна позволять создавать равномерное увлажнение площади посева на заданную глубину с возможно меньшими потерями оросительной воды и с минимальными затратами труда и средств.

Различают три основных способа полива: поверхностный, дождеванием, подпочвенный. Каждый из способов дает лучшие, оптимальные результаты в соответствующих для него природных и хозяйственных условиях орошаемого земледелия.

Поверхностный полив может производиться по бороздам, полосам, напуском и затоплением. Полив по бороздам, в свою очередь, подразделяется на полив по проточным, тупым или непроточным и безуклонным бороздам.

Полив по проточным бороздам наиболее универсален. Он осуществим на всех пропашных культурах, на культурах сплошного сева (люцерна, зерновые), в садах и при возделывании огородов. Полив по проточным бороздам позволяет промачивать как слой почвы глубиной 30—40 см, так и давать глубокое увлажнение до метра и более. Поливать по бороздам можно и неспланированные поля с уклонами рельефа в широком диапазоне от 0,001 до 0,10 и даже больше. Оптимальными условиями применения этого способа будут хорошо спланированные под наклонную плоскость поливные участки с продольным уклоном в пределах от 0,003 до 0,030; почвы — от тяжелых до легких суглинков.

Полив по бороздам сочетает в себе многие положительные качества, главные из которых: возможность глубокого промачивания почвы и регулирование ее глубины; механизация послеполивных обработок; создание на засоленных землях промывного режима орошения; возможность ограничиться сравнительно небольшими первоначальными капиталовложениями на освоение орошаемой территории. На плантациях пропашных культур в аридной зоне, где промачивание почвы при поливах должно быть глубокое — больше 0,5—0,6 м, полив по проточным бороздам практически пока незаменим. Предлагаемая система расчета и рекомендации по совершенствованию процесса полива построены на изучении опыта проведения поливов по бороздам в передовых хозяйствах, главным образом, Ферганской долины на территории Узбекистана и Киргизии.

Авторы выражают свою признательность главному агроному колхоза «Коммунизм» Г. И. Макарову за практические советы и большую помощь в постановке исследований, руководителю лаборатории орошения технических культур ВНИИГиМ, доктору сельскохозяйственных наук Г. Ю. Шейнкину и руководителю отдела орошения САНИИРИ, кандидату технических наук Н. Т. Лактаеву.

ПОЛИВ ПРОПАШНЫХ КУЛЬТУР ПО ПРОТОЧНЫМ БОРОЗДАМ

Условия и агротехнические требования проведения полива хлопчатника в предгорной зоне орошения Ферганской долины

Ферганская долина заслуженно называется жемчужиной Средней Азии. На ее территории располагаются Андижанская, Наманганская и Ферганская области Узбекской ССР, Ошская область Киргизской ССР и Ленинградская — Таджикской ССР.

Климат долины — резко континентальный, сухой и пустынный, с высокими летними температурами и продолжительным безморозным периодом — весьма благоприятен для возделывания теплолюбивых технических сельскохозяйственных культур и в том числе ценнейшей из них — хлопчатника. Важной характеристикой климата для хлопководства является продолжительность теплого периода со среднесуточной температурой выше 10°, который для Ферганской долины составляет 210—220 суток.

Большая часть орошаемых земель долины располагается в предгорной зоне.

Рельеф поверхности предгорной зоны представляет собой в поперечном направлении волнистую равнину с характерным плавным изогнутым на карте расположением горизонталей, расчлененную межконусными впадинами и руслами горных рек и ручьев. Микрорельеф спокойный, без местных впадин и повышений, по мере приближения к периферии предгорного шлейфа становится увалистым.

Уклоны местности по конусам выноса у предгорий в верхней части небольших и средних конусов достигают 3—5%. Ниже они уменьшаются до 1—2% и на периферии не превышают 0,5%, сливаясь далее с поперечными уклонами слабонаклонной равнины верхних террас р. Сырдарьи.

Почвенный покров предгорной зоны представлен, главным образом, различными сероземами, образовавшимися на лессовидных суглинках в виде типичных и светлых сероземов, которые отличаются от темных меньшей мощностью перегнойных горизонтов и меньшим процентом содержания гумуса. Светлые сероземы являются почвами переходного типа — от степного к пустынному.

Геологическое строение и гидрологические условия здесь почти исключают возможность засоления почв. Лишь на периферии некоторых крупных конусов выноса этот процесс может иметь место. Однако наличие значительных поверхностных уклонов дает возможность сравнительно легко осуществить рассоление почв путем устройства дренажной сети и проведения промывок.

Механический состав среднеазиатских лессовидных суглинков в зависимости от содержания глины (фракций с частицами крупностью менее 0,01 мм) подразделяется [13] на пять градаций (табл. 1).

Удельный, объемный вес и порозность лессов вне зависимости от их механического состава в среднем изменяются в пределах: удельный вес 2,65—2,70 т/м³, объемный вес 1,40—1,45 т/м³ и порозность 45—50%.

Предельно-полевая влагоемкость почв зависит от их механического состава и составляет 70—80% порозности или полной влагоемкости. Предельно-полевая влагоемкость существенно изменяется при уплотнении грунтов, засоленности, наличии гумуса и других факторов.

Фильтрационная способность грунтов характеризуется коэффициентом фильтрации в их естественном состоянии. Величина коэффициента зависит, главным образом, от механического состава. Коэффициент фильтрации может значительно изменяться при уплотнении грунтов, кольматации поверхностного слоя, степени засоленности, температуры почвы, воды и т. д.

Глубина увлажнения почвогрунтов при поливах должна соответствовать глубине распространения основной массы корневой системы сельхозкультур по стадиям ее развития. Для хлопчатника, по данным исследований станций СоюзНИХИ, В. Е. Еременко [7] рекомендует расчетную глубину промачивания грунта (активного слоя) принимать: до бутонизации хлопчатника 40—60 см; к началу и в период цветения 60—80 см; после цветения и в период плодообразования 80—100 см.

Градация почвогрунтов по механическому составу (по Н. А. Качинскому), ориентировочные средние значения полевой влагоемкости (в % от объема почвы) и коэффициента фильтрации (по данным проектного института Средазгипроводхлопок)

Градация почвогрунтов по мехсоставу	Содержание глины, %		Предельно-полевая влагоемкость в % к объему		Коэффициент фильтрации, м/сек	
	от	до	от	до	от	до
Очень тяжелые (глинистые)	60	85	36	40	менее	$3,0 \times 10^{-6}$
Тяжелые (суглинки тяжелые)	45	60	32	36	$3,0 \times 10^{-6}$	$7,0 \times 10^{-6}$
Средние (суглинки средние)	30	45	28	32	$7,0 \times 10^{-6}$	$14,0 \times 10^{-6}$
Легкие (суглинки легкие)	20	30	23	28	$14,0 \times 10^{-6}$	$20,0 \times 10^{-6}$
Очень легкие (супесчаные)	10	20	19	23	более	$20,0 \times 10^{-6}$

В конкретных случаях расчета элементов техники полива рекомендации могут существенно изменяться в зависимости от толщины слоя почвенного мелкозема, сорта хлопчатника, принятой агротехники возделывания культуры, наличия воды в источнике орошения, хозяйственно-экономических и других факторов.

Пределы влажности расчетного слоя почвы между поливами установлены для хлопчатника исследованиями станций СоюзНИХИ [7,11,16].

После нормально проведенного полива влажность в расчетном слое почвы через 8—12 часов устанавливается в пределах 80—90% предельной полевой влагоемкости. Нижний расчетный предел влажности перед поливом должен быть выше величины так называемой «влажности увядания», которая в среднем равна 45% от предельной полевой влагоемкости.

Нижний предел влажности активного слоя почвы, который можно допустить, не причиняя вреда нормаль-

ному развитию культуры, равен примерно двойной максимальной гигроскопичности почвы и колеблется в пределах 60—70% от предельной полевой влагоемкости. Он выше для легких и засоленных почв (70—75%). В период созревания хлопчатника (с конца августа) предельная влажность перед поливом может снижаться и достигать 50—60% от предельной полевой влагоемкости.

В предгорных районах Ферганской долины в Узбекистане, Таджикистане и Киргизии с уклонами местности более 0,003 полив практически всех пропашных культур производится по проточным бороздам.

Качественность полива по проточным бороздам (равномерность увлажнения на заданную глубину), трудоемкость, величина КПД техники полива во многом зависят от организации орошаемой территории хозяйства и особенно от формы, размеров и спланированности поливных участков, организации водodelения и водопользования и особенно от стабильности водоподачи на поливные участки.

Понятие «поливной участок» не имеет еще до сих пор общепринятого толкования. В дальнейшем изложении под этим термином понимается часть орошаемой площади, ограниченная постоянной или временной оросительной, мелиоративной или дорожной сетью; поливной участок засеивается одной культурой и вся его площадь поливается одновременно [4].

Полив пропашных культур на староорошаемых землях производится в предгорной зоне орошения почти исключительно по проточным бороздам с временной внутриучастковой в земляном русле оросительной сетью. Распределение воды по временным оросителям (ок-арыкам) между бороздами осуществляется с помощью бумажных или полиэтиленовых салфеток, а иногда дерна. При этом в зависимости от расположения и состава временной оросительной сети различаются продольная и поперечная схемы ее нарезки на поливном участке. В условиях спокойного рельефа местности (рис. 1) различие их состоит в том, что при поперечной схеме (слева на рисунке) положение поливного участка закреплено на местности групповым (бригадным) распределителем 1, по боковым сторонам постоянными участковыми распределительными каналами 2, из которых

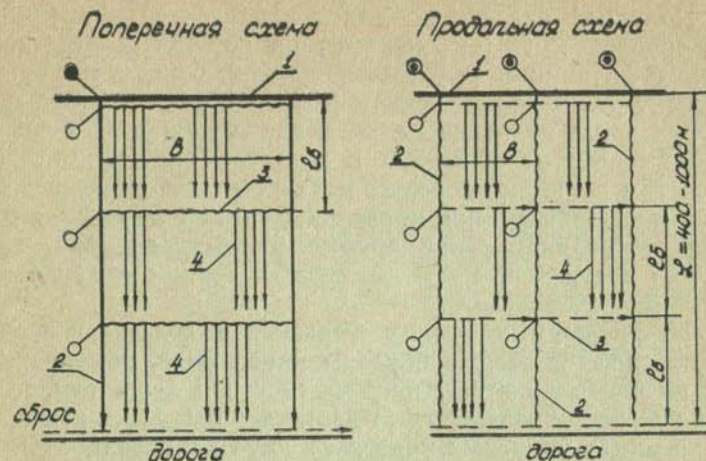


Рис. 1. Схема расположения временной оросительной сети на поливном участке.

питаются временные оросители 3, подающие воду поливным бороздам 4. При продольной схеме (справа на рисунке) вместо постоянных участковых распределителей нарезаются временные распределители 2, которые подают воду во временные оросители 3, в выводные и далее в поливные борозды. Расстояние между временными распределителями обычно принимается меньше, чем между постоянными участковыми распределителями. Временные оросители, которые при поперечной схеме иногда называют выводными бороздами, являются младшими каналами оросительной сети и выполняют функцию распределения воды между поливными бороздами. В Средней Азии их еще называют «шох-арыками» или «ок-арыками».

Площадь поливных участков обычно в предгорной зоне орошения Ферганы имеет пределы 5—15 га с редкими отклонениями в меньшую и большую сторону. Оптимальными считаются участки площадью 8—10 га с прямоугольной конфигурацией в плане с шириной в пределах 100—120 м при поперечной схеме и 70—80 м при продольной схеме. Длину участка из условий гона тракторов стараются делать возможно большей — не менее 350—400 м и оптимально 800—1000 м.

Поливной участок по длине разбивается временными оросителями (ок-арыками) на поливные делянки. Длина делянки определяется длиной борозд, которая зависит от уклона местности и физических свойств почвогрунтов. В практике поливов длина поливных борозд принимается от 30 до 200 м и редко больше, хотя по расчетам поливные борозды могли бы быть значительно длиннее. Практически предельная длина обуславливается требованием равномерности увлажнения поля, что трудно достичь при примитивном поливном оборудовании в виде салфеток.

На орошаемых землях Ферганской долины в предгорной зоне поливные борозды нарезаются, как правило, по наибольшему уклону местности и лишь там, где условия не позволяют этого достичь (обычно на неспланированных поливных участках) нарезка борозд производится под углом к направлению наибольшего уклона местности. Практика нарезки борозд по наибольшему уклону имеет существенное обоснование. После вспашки поверхность подпахотного горизонта плотная, выровненная и примятая нижней стороной лемеха плуга засыпается рыхлым слоем вспаханной земли. При нарезке в этом рыхлом слое поливных борозд с направлением, отличным от наибольшего уклона местности, во время полива создаются условия для прорывов воды из одной борозды в другую.

Ширина междурядья для хлопчатника и других пропашных культур принята равной 60 см; гнезда растений под перекрестную обработку размещаются в рядке через 50—60 см, а при ленточном севе — через 30—50 см. Расстояние между кустами хлопчатника для различных видов культуры, почв и климатических условий в указанных диапазонах меняется, в результате чего число кустов на 1 га варьирует в пределах 100—125 тыс. штук. Последнее время при малых уклонах практикуется ширина междурядий 90 см и экспериментируется двухстрочный высев хлопчатника [22].

Процесс полива и обработки почв на плантациях хлопчатника, по нашим наблюдениям в передовых хозяйствах Ферганской долины, происходит примерно следующим образом. Перед первым поливом и перед каждым последующим после подсыхания почвы до ее физической спелости [13] производится машинная куль-

тивация (рыхление) поля. При ленточном севе культивация ведется только продольная, при квадратно-гнездовом севе после двух-трех первых поливов продольная и поперечная. Поперечная культивация в последнее время почти не применяется из-за повреждений корневой системы растений, что для хлопчатника способствует заболеванию вилтом. После культивации, незадолго перед последующим поливом нарезаются борозды с помощью культиватора со специальными лапками-бороздоделателями.

Колеса трактора при послеполивных обработках почвы, следующие за культиватором, своей тяжестью уплотняют рыхлый грунт по нижней части периметра борозд. В зависимости от системы пропашных тракторов такое уплотнение происходит по различным бороздам неодинаково. На рис. 2 слева изображена схема движе-

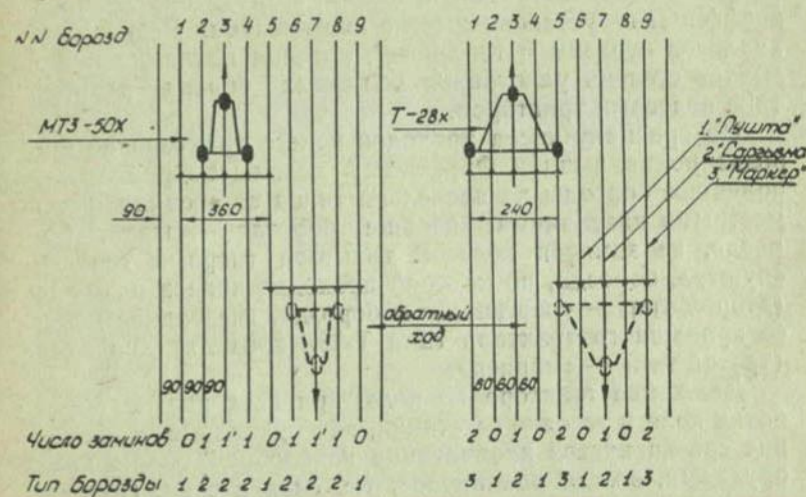


Рис. 2. Схема движения колес тракторов различных марок на послеполивных обработках почвы.

ния пропашного трактора МТЗ-50 при обработке плантаций с междурядьями 90 см, справа — работа трактора Т-28х при междурядьях 60 см. В своем движении туда и обратно при обработке поля тракторы МТЗ-50х, как видно по схеме, оставляют незамятую борозду, замятую

Объемный вес грунта и коэффициент установившегося впитывания для борозд с разной категорией уплотнения колесами трактора Т-28х

Категория уплотнения борозд	Глубина отбора проб, см	Объемный вес, г/см ³	Коэффициент установившегося впитывания, м/сек
Без уплотнения	10	1,48	$8,8 \times 10^{-6}$
	20	1,62	
Одна проходка колеса	10	1,54	$4,6 \times 10^{-6}$
	20	1,70	
Две проходки колеса	10	1,63	$2,7 \times 10^{-6}$
	20	1,77	

за один проход заднего колеса, то же переднего, то же опять заднего, незамятую и т. д. Для тракторов типа Т-28х: замятая за два прохода заднего колеса, незамятая, замятая передним колесом за один проход, незамятая, замятая за два прохода и т. д. Степень замятости борозды колесами пропашных тракторов имеет самое существенное значение для последующего проведения полива, так как чем большее число раз проходит по борозде колесо трактора, тем плотнее становится грунт под бороздой и меньше его водопроницаемость; с проходом колеса сминаются комки грунта по периметру борозды и уменьшается шероховатость русла, что существенно влияет на скорость продвижения струи воды. На поливных бороздах, где проводились опыты по установлению коэффициентов впитывания, нами брались пробы грунта на объемный вес на глубине 10 и 20 см от поверхности дна борозды, а затем определялся коэффициент установившегося впитывания. Результаты анализов сведены в таблице 2, которая наглядно показывает степень уплотнения поливных борозд разного типа колесами тракторов.

По признаку числа проходов колеса трактора по борозде поливальщики Ферганской долины подразделяют поливные борозды на несколько типов со специальными местными названиями: вообще борозда — «агат», борозда, не замятая колесом трактора (первый тип) — «пушта», борозда, по которой проходит колесо один раз (второй тип) — «саргызма» и борозда, где заднее колесо пропашного трактора типа Т-28х проходит два раза (третий тип) — «маркер».

Движение трактора по полю при всех видах обработки поля в течение вегетации, как правило, во избежание срезки кустов хлопчатника почвообрабатывающими орудиями, всегда одинаковое, т.е. след в след. Поливы сельскохозяйственных культур при междурядьях 90 см всегда производятся в каждую борозду, а при 60 см — в каждую борозду и чаще через борозду по замятым колесами тракторов или по незамятым.

Вопрос, по каким бороздам лучше поливать, уже много лет дискутируется среди агрономов-практиков и ученых; очевидно, для разных природных или хозяйственных условий оптимальным будет свой вариант полива. Для предгорных систем с мелиоративно благопо-

лучным состоянием орошаемой территории и сравнительно холодной оросительной водой, поступающей из горных источников, лучшим вариантом пропуска воды по бороздам с междурядьем 60 см будет, по нашему мнению, полив исключительно через борозду по замятым. При нем основная масса корневой системы в пахотном слое отклоняется в сторону незаминаемой борозды, где она получает лучшую аэрацию, благодаря рыхлому, увлажненному боку инфильтрацией из соседнего междурядья, слою почвы; температура почвы после полива в сухих междурядьях выше, чем в поливных бороздах. Пропуск воды по незамятым, неполивающим бороздам влечет за собой уплотнение почвы в междурядье, охлажденная горная вода задерживает вегетацию культуры, ухудшается аэрация почвы.

Продолжительность нормального полива определяется скоростью промачивания почвы на расчетную глубину в конце поливных борозд. Определить ее относительно точно можно с помощью почвенного бура. На практике эта продолжительность определяется опытными хлопкоробами по визуальным признакам: цвет листьев хлопчатника, увлажнению гребня борозды и т.д. В совхозе «Савай», например, для увлажнения расчетного метрового слоя почвы при поливах через борозду продолжительность полива (кроме первого) на разных грунтах устанавливалась примерно следующая: тяже-

лые суглинки — 2,5—3,0 суток; средние — 2,0—2,5; легкие — 1,0—2,0. Такой продолжительности придерживаются далеко не все хозяйства и зачастую можно наблюдать, когда полив производится так называемой «нормой добегания», т. е. оканчивается при добегае струи воды до конца всех или большей части поливных борозд. При этом увлажнение поля по длине получается неравномерное и, если в начале борозд увлажняется слой, близкий к расчетному, то в конце вода пропитывает лишь пахотный горизонт и то не всегда. Недостаток такого полива наглядно виден по изменению роста и урожайности культуры по длине поливных борозд.

Между крайними пределами продолжительности полива от «нормального», когда по длине борозд увлажнение производится на глубину не меньше расчетного слоя, до минимальной продолжительности — полив «нормой добегания» — возможно иметь множество промежуточных вариантов продолжительности полива, каждый из которых будет целесообразен в определенных природно-хозяйственных условиях. Например, в критический маловодный период на источниках орошения полив «нормой добегания» позволит спасти культуры от подсушки; перед началом открытия коробочек опытные агрономы назначают при холодной оросительной воде «легкие» поливы во избежание задержки массового открытия хлопковых коробочек и т. д. При нормальном поливе продолжительность проведения полива и межполивного периода будут максимальные, а число поливов за вегетацию минимальным; корневая система культуры развивается в глубину и поглощает питательные соли из всего активного слоя почвы.

Равномерность увлажнения поля по длине поливных борозд — важный фактор, влияющий на урожайность. Так, по данным наблюдений Г.Ю. Шейнкина [20], в колхозе им. В. И. Ленина Науского района Таджикской ССР неравномерность увлажнения по длине борозд при поливах снижает урожайность хлопчатника от 10 до 23% по сравнению с условиями, когда увлажнение борозд равномерное.

Водопользование и организация проведения полива по проточным бороздам

Качественное проведение полива во многом зависит от организации водопользования, под которым подразумевается порядок подачи воды на поливные участки внутри единицы водопользования.

Единицей водопользования называется часть орошаемой территории, на которую вода в период вегетации поливных культур подается непрерывным током. В административно-хозяйственном отношении в практике хлопководческих хозяйств республик Средней Азии единица водопользования обычно совмещается с бригадным массивом, площадь которого имеет пределы 80—150 га (обычно 100—120 га). В случаях, когда производственная бригада занята выращиванием одной сельскохозяйственной культуры, весь бригадный массив является полем севооборота; когда на землях бригады размещаются все культуры севооборота, бригада является севооборотным массивом, а поливные участки, из которых состоит бригадный массив — первичным подразделением орошаемой территории и севооборотным полем [4].

При правильном водопользовании весь ток воды, поступающей на бригадный массив (единицу водопользования), подается на полив одного или двух поливных участков (в зависимости от соотношения площадей бригадного массива и поливных участков). Поливные участки, составляющие бригадный массив, поливаются поочередно. После завершения цикла полива всего бригадного участка начинается последующий полив. Принципы непрерывности водоподдачи на бригадный массив и очередности поступления всего расхода на поливные участки и необходимости стабильности водоподдачи определяют требования к технике полива, положению инженерной оросительной сети бригадного участка в плане, размещению гидротехнических сооружений и их работе.

На рис. 3 изображена наиболее совершенная схема планового расположения бригадной сети в земляных руслах, когда подача воды на бригадный массив осуществляется в одной точке, все поливные участки, примерно одинаковые по площади и конфигурации, подвешены на одном групповом распределителе.

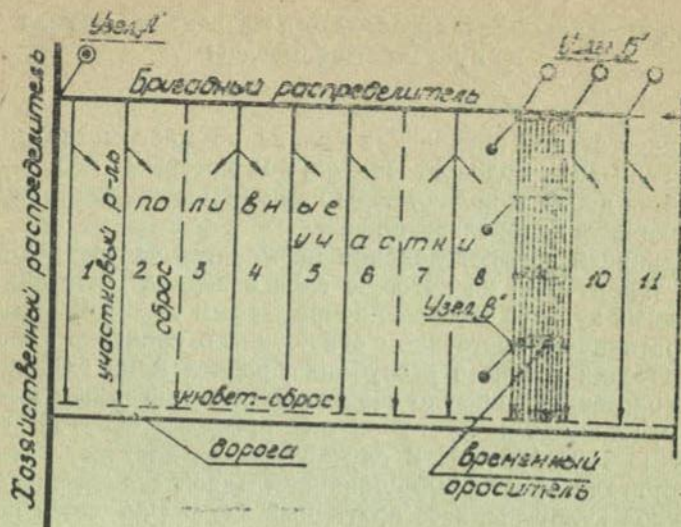


Рис. 3. Схема оросительной сети и расположения гидротехнических сооружений на бригадном массиве.

Соблюдать правильное водопользование можно и при менее совершенных схемах сети, например, при двух-трех самостоятельных групповых распределителях, подвешенных под хозяйственным каналом. В этих случаях, т. е. когда весь бригадный ток воды сосредоточивается на полив одного поливного участка, каждый из групповых распределителей будет работать поочередно. Поливные участки под распределителями могут иметь разную площадь. В этих случаях участки объединяются в группы по очередности полива так, чтобы площадь таких групп была примерно одинаковая. Старые оросительные системы имеют самое разнообразное положение сети в плане с поливными участками различной конфигурации и размеров. При этом принципы водопользования осуществляются в соответствии с местными условиями.

При инженерном положении оросительной сети в плане пропускная способность постоянных каналов в соответствии с принципами водопользования может быть

принята при поливе технических культур в условиях Средней Азии стандартная [4]:

для участковых распределителей при площади поливных участков до 10 га — 100 л/сек (с учетом работы верхнего ок-арыка) и более 10 га — 150 л/сек;

для групповых (бригадных) распределителей с учетом возможности двойной форсировки, потерь и сбросов — 250 л/сек.

Расход временных оросителей (ок-арыков) в земляном русле по условиям проходимости тракторов на послеполивных обработках почвы не должен превышать 30—35 и до 40 л/сек.

Размещение гидротехнических сооружений и поливного инвентаря бригадного массива показано на рис. 3 и 4.

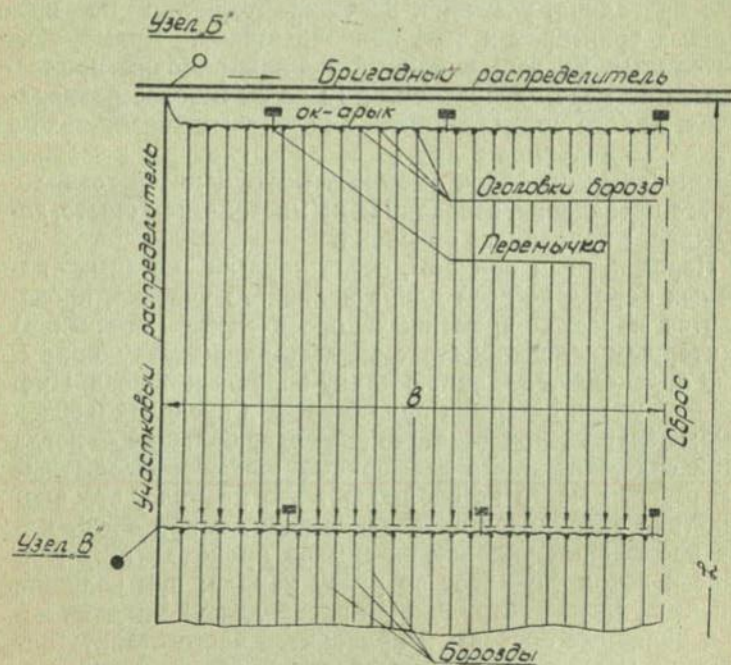


Рис. 4. Схемы размещения поливного инвентаря на оросительной сети поливного участка.

Общим необходимым условием для работы оборудования является наличие необходимых напоров в бьефах узлов сооружений, а специфическим требованием при поливе по проточным бороздам — стабильность расходов и горизонтов воды при подаче ее на поливные участки.

Регулировку горизонтов воды на ок-арыках производят с помощью временных перемычек, пропускная способность которых должна рассчитываться на максимальный расход в голове ок-арыков, т. е. 35 л/сек, и с запасом — 40 л/сек. Оборудование оголовков при уклонах поливных борозд более 0,005 может иметь пропускную способность 1,0 л/сек и при уклонах менее 0,005 — до 2,5 л/сек.

В условиях Ферганской долины выращиванием хлопчатника на площади бригадного массива 80—120 га занимается специализированная бригада сельхозработчих в составе бригадира, учетчика, 3—4 трактористов на пропашных тракторах и 3—4 поливальщиков. Кроме этих постоянных на вегетационный период рабочих привлекаются по мере надобности от 10 до 30 и более разнорабочих. Работа поливальщиков в передовых хозяйствах на поливе хлопчатника и других сельхозкультур с помощью примитивных салфеток вызывает восхищение и технология его проведения, основанная на многолетнем опыте, заслуживает подробного описания.

Перед первым поливом, после нарезки сквозных поливных борозд по всей длине поливного участка, производится нарезка временных оросителей (ок-арыков) тракторным канавокопателем. Расстояния между ок-арыками определяют заданную длину поливных борозд. Продольный уклон ок-арыка принимается в пределах 0,002—0,005; меньший при осветленной воде, больший, — когда поток содержит много взвешенных наносов. Неопытные трактористы часто не соблюдают это правило, что впоследствии затрудняет проведение полива: при очень малых продольных уклонах ок-арыков происходит их заиливание и поток блуждает по руслу канала; при излишне больших уклонах затрудняется распределение подачи воды в поливные борозды и приходится часто ставить перемычки (местное название «багат»). Нормальное число перемычек 3—4 на 100 м длины ок-арыка.

При послеполивных обработках почвы ок-арыки раз-

рушаются, затем для последующего полива производится их поправка, состоящая в выравнивании дна и откосов канала, подсыпке дамбочки, устройстве прорезей в дамбочке для вспомогательных или поливных борозд. Эта работа выполняется вручную кетменем.

В Средней Азии практикуется две системы выпуска воды из ок-арыка в поливные борозды: первая — «беш-беш», когда параллельно ок-арыку делаются короткие вспомогательные борозды, в которые поступает вода из ок-арыка, а уже из этих борозд она распределяется между 5—10 поливными бороздами (рис. 5), и вторая — когда оголовки поливных борозд располагаются непосредственно на ок-арыке (рис. 7). Система «беш-беш» применяется менее опытными поливальщиками.

После выполнения подготовительных земляных работ по всем временным оросителям на поливном участке в голове ок-арыков поочередно пропускается небольшой ток воды для замочки. При этом оголовки поливных борозд и перемычки закрепляются салфетками (рис. 6) и грубо регулируется горизонт воды по участкам ок-арыка. Эта наиболее трудоемкая часть работы выполняется всей бригадой поливальщиков в составе 3—4 человек

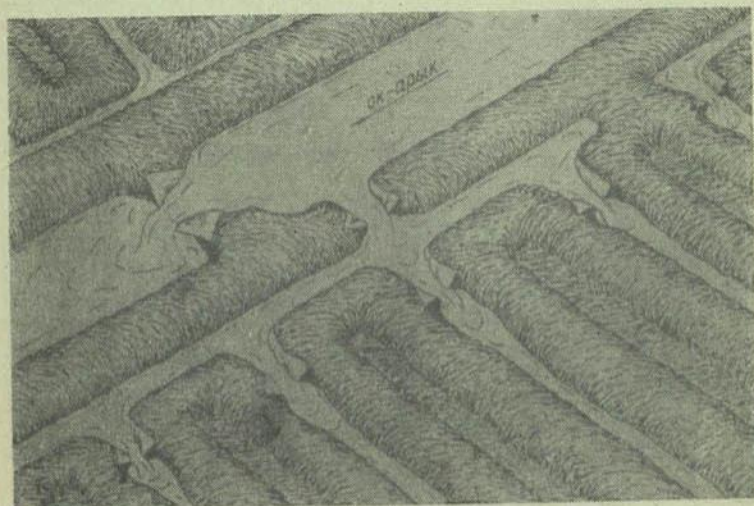


Рис. 5. Система «беш-беш» подачи воды в борозды.



Рис. 6. Поделка перемычки на оросителе с облицовкой из бумажных салфеток.

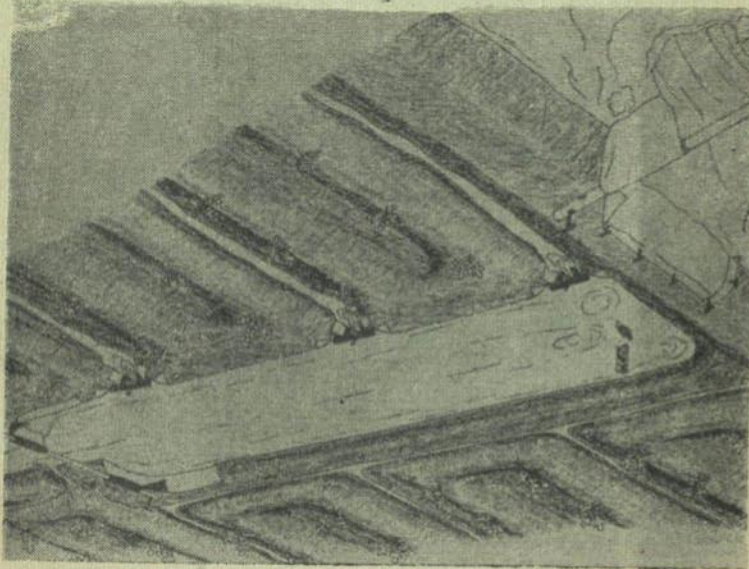


Рис. 7. Схема оборудования оросителя поливным инвентарем.

совместно и последовательно на всех ок-арыхах поливного участка. После замочки по участковому распределителю в ок-арыки, начиная с верхнего, запускается нормальный поливной ток и поливальщики (обычно двое) по каждому ок-арыку производят тщательную дозировку воды в головах поливных борозд; в конце ок-арыков устанавливается небольшой сбросной расход воды (2—5% от головного расхода). С окончанием дозировки по поливным бороздам поливальщики бригады расходятся каждый по своим ок-арыкам (2—3 ок-арыка на поливальщика в смену), а ночные сменщики уходят отдыхать; начинается основная, но наиболее легкая стадия полива, когда в обязанности поливальщиков входит наблюдение за поддержанием постоянного расхода в голове ок-арыков, постоянных горизонтов на участках ок-арыков и расходов в головах поливных борозд; наблюдение за равномерностью смачивания борозд по их длине, ликвидация просачивания или прорыва воды из одной борозды в другую. Производительность труда на поливе зависит в основном от длины поливных борозд (числа ок-арыков) и в меньшей степени от продолжительности полива, которая колеблется в широких пределах — от 0,5 до 3 суток в зависимости, главным образом, от необходимой глубины увлажнения и водопроницаемости почвогрунтов. Через 1,5—3 суток после полива, когда почва достигает физической спелости для рыхления, производится тракторная культивация, основное назначение которой перерезать почвенные капилляры для предохранения от испарения внесенной влаги с поверхности почвы.

Авторами брошюры разработан и испытан в производственных условиях комплекс конструкций поливного инвентаря (описание и рекомендации по применению опубликованы в журнале «Хлопководство», 1974, № 6). Комплекс оборудования (рис. 7) состоит из переносных щитков-дозаторов (рис. 8), переносных перемычек для подпора и регулировки горизонтов воды на ок-арыках (рис. 9) и переносных перемычек для подпора воды в участковых распределителях (рис. 10). Применение комплекса инвентаря позволяет управлять процессом полива, дозировать распределение воды по бороздам; увеличивает производительность труда на 20—30% по сравнению с салфетками.



Рис. 8. Щиток-дозатор в голове поливной борозды.

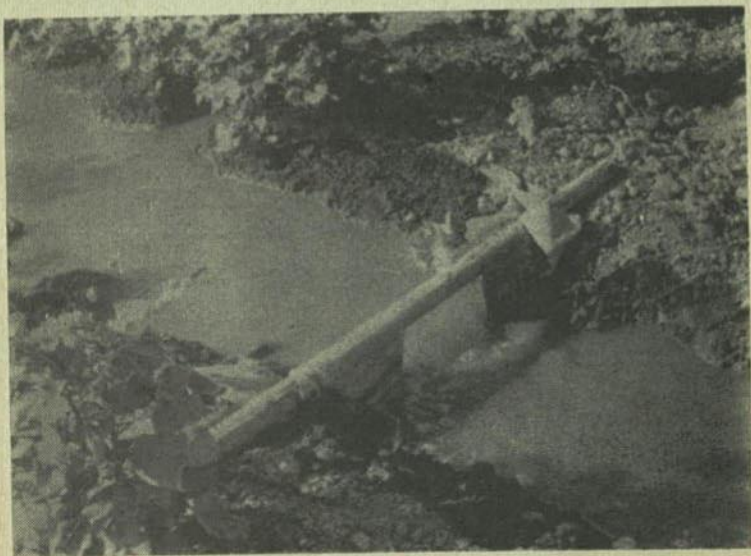


Рис. 9. Переносная перемычка П типоразмера в работе на временном оросителе.



Рис. 10. Установка переносной перемычки на участковом распределителе.

**Расчет стоимости орошения гектара плантаций
пропашных культур при поливе по бороздам с помощью
полиэтиленовых салфеток (эталонный способ)
и экономическая эффективность внедрения новой
поливной техники**

Полив по бороздам с помощью салфеток в аридной зоне орошения занимает превалирующее положение. Этим способом здесь поливают более 90% пропашных сельхозкультур. В настоящее время он является наиболее прогрессивным, так как пока еще экономичнее других и позволяет лучше удовлетворять агротехнические требования увлажнения почвы для произрастания технических культур. Таким образом, в соответствии с указаниями «Типовой методики определения экономической эффективности капитальных вложений» [18], полив по бороздам с помощью полиэтиленовых салфеток может быть принят за эталон, а технико-экономические показатели его—за базу сравнения как при определении ве-

личины экономической эффективности новой техники, так и при определении экономического эффекта от внедрения новой техники при поливе по бороздам пропашных сельхозкультур в аридной зоне. При определении сравнительной эффективности одним из основных технико-экономических показателей являются эксплуатационные затраты на орошение.

Состав операций процесса полива по проточным бороздам пропашных сельхозкультур (в примере хлопчатника) с достаточной дифференциацией может быть принят следующий.

Операция 1. Нарезка поливных борозд без внесения удобрений или с одновременным их внесением в почву.

Операция 2. Нарезка временной оросительной сети (ок-арыков).

Операция 3. Оправка временных оросителей (ок-арыков), оголовков и концов поливных борозд.

Операция 4. Оборудование временных оросителей (ок-арыков) поливным инвентарем, пропуск воды и дозировка расходов.

Операция 5. Наблюдение за проведением полива.

Операция 6. Уборка поливного оборудования.

Операция 7. Заравнивание временной оросительной сети.

Расчет стоимости орошения гектара хлопчатника (эталон) дифференцированно по элементам процесса в соответствии с действующими нормативами выработки и расценками, тарифной сеткой, нормами амортизации, расходом и стоимостью горючего позволяет сделать расчет стоимости орошения гектара в разрезе операций для любых природно-хозяйственных условий. В качестве примера такой расчет выполнен (табл. 3) на орошение гектара хлопчатника при следующих условиях: ширина междурядий 0,60 м; длина поливных борозд 180 м; число поливов за сезон 5; поливы проводятся через борозду, а последний — в каждое междурядье; продолжительность поливов: первого — 24 часа, последующих — 48 часов; оборудование сети осуществляется полиэтиленовыми салфетками.

Расчет экономической эффективности излагается на примере определения технико-экономических показателей внедрения упомянутого ранее комплекса нового по-

ливного инвентаря. За эталон сравнения принимаются показатели полива по проточным бороздам с помощью полиэтиленовых салфеток.

В результате наблюдений и хронометража на опытном участке, поливаемом по бороздам с помощью нового инвентаря, и на контрольном участке, поливаемом с помощью полиэтиленовых салфеток, получены следующие данные:

1. Урожайность на контроле — 39,0 ц/га; на опытном участке при прочих равных условиях за счет равномерности увлажнения — 43,0 ц/га.

2. Длина поливных борозд на контроле — 180 м; на опытном участке за счет точности дозировки в головах поливных борозд увеличена до 360 м. Соответственно увеличился КЗИ на 0,3%.

3. Полезное использование воды за счет точности дозировки расходов и возможности управления поливом увеличилось на 10%.

4. Производительность труда поливальщиков при внедрении поливного инвентаря, как показали наблюдения, по сравнению с эталоном возрастает за счет увеличения длины поливных борозд (без снижения качества полива), быстроты установки на оросителях переносных перемычек и уменьшается за счет необходимости переноски и очистки инвентаря от грязи.

Расчет позволил установить для эталонного способа нормативную величину затрат рабсилы в 75,48 чел.-час на 1 га и стоимость орошения (эксплуатационные затраты) — 61,93 руб/га при пяти поливах хлопчатника. Аналогичным расчетом при новом оборудовании установлены затраты в 58,33 чел.-час и стоимость орошения 59,02 руб/га.

Приведенные данные позволили рассчитать в соответствии с «Типовой методикой определения экономической эффективности капитальных вложений» основные технико-экономические показатели эффективности внедрения нового поливного инвентаря (табл. 4).

В расчете принималось: закупочно-сдаточная цена хлопчатника в среднем — 38,0 руб/ц; средняя стоимость водоподдачи хозяйствам — 2,23 руб. за 1000 м³; средний по Киргизии размер капвложений на гектар орошения новых земель (строительство оросительных систем и освоение земель) — 3140 руб/га; стоимость оборудования

РАС

стоимости орошения хлопчатника при поливе по бороздам

Наименование операции, разряд	Норма времени, час	Тарифная расценка, руб/час	По операциям на 1 га			
			рабсила		гор.-смаз. материалы	
			количество чел.-час	стоимость руб.	количество, кг.	стоимость руб.
1. Нарезка поливных борозд, га	0,70	0,660	0,70	0,46	4,80	0,33
2. Нарезка временных оросителей, пог. км	1,10	0,740	0,06	0,05	0,25	0,02
3. Ручная оправка оросителей, оголовков и концов поливных борозд, пог. км:						
а) в каждую борозду	71,4	0,525	4,00	2,10	—	—
б) через междурядье	55,6	0,525	3,11	1,63	—	—
4. Оборудование временных оросителей салфетками, пог. км:						
а) в каждую борозду	65,7	0,665	3,68	2,45	0,66	0,43
б) через междурядье	50,0	0,665	2,80	1,86	0,37	0,24
5. Наблюдение за проведением полива, га/час:						
а) первый через междурядье	0,286	0,665	6,86	4,56	—	—
б) последующие	0,200	0,665	9,60	6,38	—	—
в) то же в каждую борозду	0,250	0,665	4,50	2,99	—	—
6. Уборка поливного инвентаря и очистка его от грязи, пог. км:						
а) в каждую борозду	3,33	0,480	0,186	0,09	—	—
б) через междурядье	2,50	0,480	0,140	0,07	—	—
7. Заравнивание временной сети, пог. км	1,54	0,525	0,086	0,45	—	—
Итого						
Итого на 1 полив						

ЧЕТ

с помощью полиэтиленовых салфеток

На орошение гектара при 5 поливах									
число опера- ций	рабсила		гор.-смаз. материалы		аморти- зация		накладные на		Всего, руб/га
	количе- ство чел- час.	стой- мость руб.	количе- ство, кг.	стой- мость руб.	тракто- ров, руб.	инвента- ря, руб.	рабси- лу, руб.	матери- алы, руб.	
4	2,80	1,84	19,20	1,32	1,65	0,18	0,37	0,04	5,40
1	0,06	0,05	0,25	0,02	0,02	0,01	0,01	0,00	0,11
1	4,00	2,10	—	—	—	—	0,42	—	2,52
4	12,40	6,52	—	—	—	—	1,30	—	7,82
1	3,68	2,45	0,66	0,43	—	—	0,49	0,01	3,38
4	11,20	7,44	1,48	0,96	—	—	1,49	0,03	9,92
1	6,86	4,56	—	—	—	—	2,91	—	5,47
3	28,80	19,14	—	—	—	—	3,83	—	22,97
1	4,50	2,99	—	—	—	—	0,60	—	3,59
1	0,186	0,09	—	—	—	—	0,02	—	0,11
4	0,560	0,28	—	—	—	—	0,06	—	0,34
5	0,43	0,25	—	—	—	—	0,05	—	0,30
5	75,48	47,71	21,59	2,73	1,67	0,19	9,55	0,08	61,93
1	15,10	9,54	4,32	0,55	0,33	0,04	1,91	0,02	12,39

Таблица 4

Основные технико-экономические показатели орошения
хлопчатника при поливе с помощью салфеток (эталон)
и нового поливного инвентаря

Наименование показателей	Показатели		
	по эталону	нового оборудо- вания	%
1. Уровень производительности труда, га/см: на орошении	0,091	0,119	131
на поливе	0,460	0,560	122
2. Уровень эффективности использования земель (КЗИ поливного участка), б/р	0,994	0,997	100,3
3. Выход продукции (урожайность) с орошаемой площади (хлопчатника), ц/га	39,0	43,0	110,3
руб/га	1482	1637	110,0
4. КПД техники полива, б/р	0,73	0,80	0,91
5. Оросительная норма, нетто, т.м ³ /га	10,00	10,00	0,91
то же брутто	13,70	12,50	0,94
то же на водоподаче	16,12	14,71	0,95
6. Размер эксплуатационных издержек, на орошение руб/га	97,88	91,82	0,91
в т. ч. себестоимость поливов	61,93	59,02	
себестоимость водоподачи	35,95	32,80	
7. Размер капитальных вложений на строительство, освоение и реконструкцию оросительной системы, руб/га	3140	3150	
в т. ч. приобретение поливного оборудования	—	11	
8. Приведенные затраты, руб/га	474,7	387,7	0,82
9. Удельная относительная экономическая эффективность, руб/га	—	87,0	
10. Коэффициент общей эффективности капитальных вложений, б/р	—	29,1	
11. Срок окупаемости, лет	—	0,034	

новым поливным инвентарем с учетом оборачиваемости — 11,0 руб/га.

Ниже даются пояснения к расчету показателей.

А. Расчет сравнительной эффективности.

Приведенные затраты исчисляются по формуле:

$$П = C + E_n K, \quad (1)$$

здесь П — приведенные затраты по варианту, руб/га;

С — ежегодные издержки эксплуатации при поливе, руб/га;

E_n — нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений (0,12);

К — капитальные вложения по варианту, руб/га.

Приведенные затраты по базовому варианту согласно приведенным данным: $П_1 = 97,88 + 0,12 \times 3140 = 474,68$ руб/га.

Приведенные затраты по варианту с новым инвентарем:

Для сопоставимости приведенных затрат по вариантам издержки на эксплуатацию и капитальные вложения приводятся к равным условиям по эквиваленту продукции. Коэффициент эквивалентности рекомендуется согласно методике ВНИИМиТП (Коломна, 1973 г.) устанавливать по формуле:

$$K_3 = \frac{\Delta Ц_1}{\Delta Ц_2} = \frac{1482,0}{1795,9} = 0,825, \quad (2)$$

здесь $\Delta Ц_1$ — стоимость (дополнительной) продукции по эталону;

$\Delta Ц_2$ — то же, по варианту с инвентарем.

Примечание. В условиях аридной зоны, где без орошения хлопчатник не произрастает, за «дополнительную» продукцию по обоим вариантам принимается стоимость всего урожая.

$$\Delta Ц_1 = Y_1 \times Ц = 39,0 \times 38,0 = 1482 \text{ руб.} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \Delta Ц_2 &= Y_2 \times Ц_c + \Delta Y_{\text{кзи}} \times Ц_c + \Delta Y_{\text{кпд}} \times Ц'_c = \\ &= 43,0 \times 38,0 + 0,13 \times 38,0 + 4,13 \times 38,0 = 1795,9 \text{ руб.} \end{aligned} \quad (4)$$

Здесь U_2 — урожайность при поливах с инвентарем — 43,0 ц/га;

$U_{(кзи)}$ — дополнительная урожайность, связанная с увеличением КЗИ поливного участка.

В нашем расчете КЗИ увеличился на 0,3%, чему соответствует увеличение урожая на $0,003 \times 43,0 = 0,13$ ц.

$U_{(кпд)}$ — дополнительная урожайность от увеличения коэффициента полезного действия (с 0,73 до 0,80, т. е. на 9,6%, что позволит на каждый гектар с инвентарем получить дополнительно продукцию с перелогов на площади 0,096 га).

Считая, что это хлопчатник, будем иметь дополнительный урожай: $0,096 \times 43,0 = 4,13$ ц.

Приведенные затраты:

$$P_2 = (C_2 + E_{п}K_2)K_3 = (91,82 + 0,12 \times 3151,0) \times 0,825 = 387,70. \quad (5)$$

Удельная экономическая эффективность внедрения нового поливного инвентаря:

$$\mathcal{E}_T = P_1 - P_2 = 474,7 - 387,7 = 87,0 \text{ руб/га.} \quad (6)$$

Б. Расчет общей (абсолютной) экономической эффективности капитальных вложений на поливное оборудование.

Коэффициент общей экономической эффективности капитальных вложений представляет собой отношение чистого дохода к вызвавшим его капитальным вложениям:

$$\mathcal{E}_{кчд} = \frac{\Delta C - \Delta C}{K_0}, \quad (7)$$

здесь ΔC — стоимость годового объема дополнительной продукции, получаемой за счет совершенствования техники полива;

ΔC — дополнительные издержки на эксплуатацию нового поливного оборудования;

K_0 — капитальные вложения на оборудование оросительной сети новым поливным инвентарем.

Стоимость годового объема дополнительной продукции в расчете на гектар плантаций хлопчатника (здесь сверх объема, получаемого при общепринятом поливе

хлопчатника с помощью салфеток) определяется по формуле:

$$\Delta C = \Delta U \times C + \Delta U_{(кзи)} \times C + \Delta U_{(кпд)} \times C' = 313,9 \text{ руб/га,} \quad (8)$$

здесь, ΔU — прибавка урожая за счет улучшения равномерности увлажнения поля ($43,0 - 39,0 = 4,0$ ц/га);

$U_{(кзи)}$ — прибавка продукции на увеличение полезно используемой площади поливных участков ($0,997 - 0,994$) $\times 43,0 = 0,13$ ц/га;

$U_{(кпд)}$ — увеличение дополнительной продукции за счет экономии оросительной воды (аналогично расчету сравнительной эффективности, приведенному выше: $0,096 \times 43,0 = 4,13$ ц);

C — дополнительные издержки на эксплуатацию поливного оборудования; представляются разностью затрат при поливе с помощью салфеток и при инвентаре: $91,8 - 97,9 = -6,1$ руб/га (т. е. при поливе с помощью инвентаря издержки меньше);

K_0 — капитальные вложения, вызвавшие эффект; определяются стоимостью оборудования гектара поливных земель новым поливным оборудованием, что составляет 11,0 руб/га.

Коэффициент общей экономической эффективности:

$$\mathcal{E}_{(кз)} = (313,9 + 6,1) : 11,0 = 29,1.$$

Срок окупаемости.

$$T_{(кз)} = \frac{1}{\mathcal{E}_{(кз)}} = \frac{1}{29,1} = 0,034 \text{ года,} \quad (9)$$

или 13 дней, т. е. за один полив.

ТЕОРИЯ И МЕТОДИКА РАСЧЕТА ЭЛЕМЕНТОВ ТЕХНИКИ ПОЛИВА ПО ПРОТОЧНЫМ БОРОЗДАМ

Вопросы теории работы поливной борозды

По мере проведения работ по организации орошаемой территории, планировке поверхности поливных участков и создания технических средств, позволяющих управлять процессом полива на базе стационарных оросительных систем с применением поливных лотков, подземных поливных трубопроводов и т. п., теоретические расчеты оптимальных размеров элементов техники полива приобретают практическую необходимость как для проектных работ, так и непосредственно при производстве полива.

Мы не имеем возможности остановиться на аннотации ранее выполненных многими исследователями в Советском Союзе и за рубежом теоретических обобщений по вопросу теории полива по бороздам. При желании читателя иметь представление по истории вопроса рекомендуем работу Н. Т. Лактаева [11].

Задачей теории расчета является отыскание способа определения оптимальных значений элементов техники полива: величины расходов в головах поливных борозд, длины поливных борозд, продолжительности полива по стадиям, затрат оросительной воды по статьям баланса, КПД техники полива и др. Теория решения задачи для получения достоверных результатов должна отображать физическую картину явления, а результаты расчетов позволять получить данные для различных природно-хозяйственных условий. С этих позиций ниже излагается разработанная авторами теория и методика расчета.

Основным рабочим звеном увлажнения почвы при поливе по бороздам является поливная борозда. Считая, что уклон по длине ее постоянный и расход в голове заданной величины, допускаемый по размыву или наполнению и стабильный по времени, расчетная технологическая схема работы поливной борозды представляется нам следующим образом.

Увлажнение расчетного слоя почвы по длине борозды происходит в два периода: «добегания» и «доувлажнения».

В период добегания при своем движении по сухой борозде в каждом сечении большая часть расхода струи в первый момент времени «проваливается» в рыхлый пахотный (прокультивированный) слой почвы. Затем и одновременно, продвигаясь по борозде, струя смачивает и размывает комочки почвы, формирует русло и кольматирует его. С формированием слоя кольматации расход фильтрации через него, уменьшается, стабилизируется и через некоторое время после прохождения лба струи через сечение борозды становится меньше расхода впитывания в почву. После этого борозда работает со свободной фильтрацией по смоченному периметру через слой кольматации. Профильтровавшаяся из поливной борозды вода достигает подпахотного горизонта. Далее и параллельно происходит увлажнение как пахотного, так и подпахотного слоя почвы между поливными бороздами в соответствии с законами пленочного, капиллярного и гравитационного перемещения воды в почве. С удалением лба струи от головной части борозды расход струи за счет потерь на фильтрацию на смоченной длине уменьшается и соответственно снижается скорость продвижения лба струи. Если предположить, что борозда имеет неограниченную длину, то наступает момент, когда на некоторой длине ее расход установившегося впитывания становится равным головному расходу и продвижение лба струи прекращается (предельная длина смачивания). После того, как струйка воды достигает конца поливной борозды, когда длина ее меньше предельной длины смачивания, начинается работать сброс, величина расхода которого в течение некоторого времени (около двух часов) возрастает от нуля до некоторой стабильной величины при постоянном головном расходе.

В период доувлажнения поток воды по всей длине борозды протекает с равномерным режимом и переменным по длине борозды расходом, степень уменьшения которого зависит от величины коэффициента установившегося впитывания. В конце борозды действует постоянный сброс. Период доувлажнения теоретически продолжается до тех пор, пока расход фильтрации из бо-

розды в ее концевом сечении увлажнит расчетный слой почвы.

В соответствии с расчетной схемой процесса увлажнения (работы поливной борозды) предлагаем решение нескольких частных задач теории техники полива по проточным бороздам с тем, чтобы затем изложение методики расчета в своей последовательности не прерывалось отступлениями. В этих решениях значения опытных параметров и коэффициентов даются по данным наших исследований.

Задача 1. Установление взаимозависимости элементов живого сечения поливных борозд.

При установившемся режиме течения струи воды по поливной борозде, когда русло потока естественно сформировалось, во второй стадии полива с переменной уменьшающейся величиной расхода по длине борозды в каждом сечении борозды взаимозависимость величины расхода и элементов живого сечения может быть выражена известными в гидравлике формулами:

$$v = C\sqrt{R \cdot i} \text{ м/сек или } q = \omega C\sqrt{R \cdot i} \text{ м}^3/\text{сек}, \quad (10)$$

где по Павловскому

$$C = \frac{1}{n} \cdot R^y. \quad (11)$$

Для поливных борозд показатель степени принимает равным 0,20 и равенство (10) переписывается после подстановки (11):

$$q = \frac{i^{0,5}}{n} \cdot \omega R^{0,70}, \text{ м}^3/\text{сек}. \quad (12)$$

Форма смоченного поперечного сечения поливных борозд может быть аппроксимирована параболой и тогда выражаться уравнением:

$$B^2 = 8\rho h; \quad B = 2,83(p \cdot h)^{0,5}, \text{ м}. \quad (13)$$

На рис. 11 изображена схема поперечного сечения борозды с аппроксимацией профиля по параболе. Обозначения в приведенных формулах понятны по рисунку.

Для широкого параболического русла в пределах наполнения до 5,0 см:

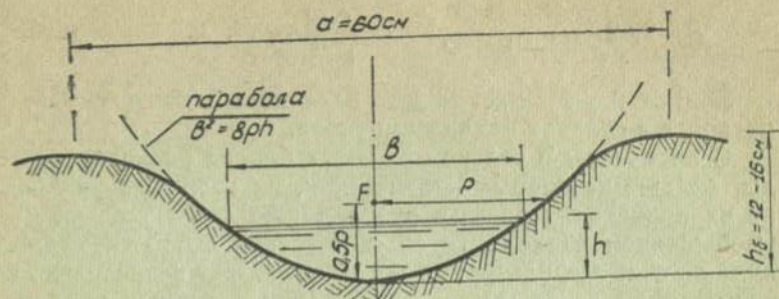


Рис. 11. Схема поперечного сечения поливной борозды.

$$\text{площадь живого сечения } \omega = 0,676 B \cdot h = 1,89 p^{0,5} \cdot h^{1,5}, \text{ м}^2; \quad (14)$$

$$\text{смоченный периметр} \quad \chi \approx 1,055 \cdot B, \text{ м}; \quad (15)$$

$$\text{гидравлический радиус} \quad R = \frac{\omega}{\chi} 0,64 \cdot h, \text{ м}. \quad (16)$$

Наши многочисленные микроинвентаризации установившегося живого сечения поливных борозд с междурядьями 60 см на 10 м участках при различных уклонах и расходах в среднем дали величину параметра формы параболы 0,16 м и величину коэффициента шероховатости 0,020.

Подставляя (16) в (12) и с учетом опытных данных получим:

$$q = 0,54 \frac{i^{0,5} \cdot \omega^{1,46}}{n \cdot p^{0,233}} = 41,4 i^{0,5} \cdot \omega^{1,46}, \text{ м}^3/\text{сек}; \quad (17)$$

$$v = 0,66 \frac{i^{0,34}}{n^{0,68} \cdot p^{0,16}} \cdot q^{0,32} = 12,6 i^{0,34} \cdot q^{0,32}, \text{ м/сек}; \quad (18)$$

$$\omega = 1,52 \frac{n^{0,68} \cdot p^{0,16}}{i^{0,34}} \cdot q^{0,68} = \frac{0,08}{i^{0,34}} \cdot q^{0,68}, \text{ м}^2; \quad (19)$$

$$B = 2,62 \frac{n^{0,23} \cdot p^{0,39}}{i^{0,11}} \cdot q^{0,23} = \frac{0,52}{i^{0,11}} \cdot q^{0,23}, \text{ м.} \quad (20)$$

Задача 2. Рекомендация величины допускаемых расходов в головах поливных борозд.

С пропуском в голове поливных борозд расходов воды, больше некоторых критических, на головном участке их происходит размыв русла. Ниже этого участка с уменьшением расхода (и соответственно скорости течения) за счет инфильтрации поток протекает в предельно насыщенном взвесями состоянии. Еще ниже с последующим уменьшением величины расхода взвеси начинают осаждаться в русле борозды, заполняя в отдельных случаях ее профиль, что способствует переливам и прорывам воды из одной борозды в другую. Процесс размыва верхнего участка борозд обедняет здесь почву, выносит плодородные глинистые частицы, гумус и внесенные удобрения на нижние участки поливной борозды, а потом вместе со сбросным расходом — за пределы поливной делянки.

Задача состоит в определении величины критического допускаемого расхода в головах поливных борозд, пропуск которого обеспечивал бы неразмываемость русла поливных борозд на их головных участках. Величина такого расхода зависит от уклона поливной борозды, сопротивляемости грунта на размыв, формы русла поливных борозд, солонцеватости грунтов, наличия гумуса и т. п.

По результатам исследований авторов для лессовидных карбонатных суглинков при поливных бороздах с шириной междурядий 60 см на рис. 12 рекомендуется график допускаемых расходов в головах поливных борозд в зависимости от уклонов и механического состава грунтов. Верхняя кривая построена, исходя из принятого допустимого наполнения поливной борозды, равной примерно трети высоты профиля, т. е. до 5,0 см.

Задача 3. Определение зависимости скорости течения воды по смоченной борозде в установившемся потоке с переменным расходом.

В отличие от водотоков с постоянным расходом по длине в поливной борозде в результате инфильтрации расход и скорость течения по ее длине уменьшаются.

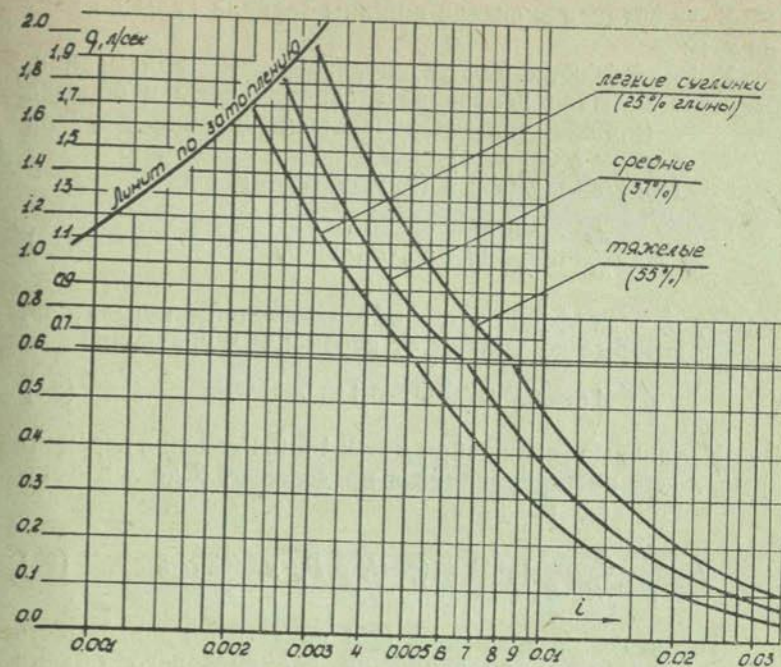


Рис. 12. Рекомендуемые максимальные величины головного расхода борозды в зависимости от уклона.

Скорость течения при постоянном головном расходе может быть при этом в каждом живом сечении выражена дифференциальным уравнением:

$$v_x = \frac{dx}{dt} = \frac{q_x}{\omega_x}. \quad (21)$$

Величина расхода в любом живом сечении на расстоянии x от головы борозды выражается зависимостью:

$$q_x = q - K_y \cdot \bar{B}_x \cdot x. \quad (22)$$

В формулах:

x — расстояние, пройденное некоторым элементарным объемом воды, обладающим средней скоростью в каждом живом сечении потока, за время t , м;

$\bar{B}_x$ — среднее значение ширины зеркала воды по длине x , м;

K_y — коэффициент установившегося впитывания, включая испарение с зеркала воды в борозде (принят пропорциональный ширине зеркала воды в борозде), м/сек.

Подставляя (19) в (22), получим:

$$\frac{dx}{dt} = \frac{i^{0.34}}{A} (q - K_y \cdot \bar{B}_x \cdot x)^{0.32}, \quad (23)$$

здесь, A — коэффициент, объединяющий показатели, которые не зависят от переменных уравнения

$$A = 2,2\rho^{0.16} \cdot n^{0.68} = 0,116 \text{ сек}^{0.68}. \quad (24)$$

Начальные условия: при $x=0$; $t=0$. Разделяя переменные, после интегрирования в пределах от 0 до x в окончательном виде получим:

$$t = \frac{A}{i^{0.34} \cdot K_y \cdot \bar{B}_x} [q^{0.68} - (q - K_y \cdot \bar{B}_x \cdot x)^{0.68}] \text{ сек}. \quad (25)$$

Теоретически уравнение (25) показывает зависимость между временем продвижения элементарного объема воды на любое расстояние x от головы борозды при установившемся движении воды по смоченной борозде (во второй стадии полива).

Задача 4. Установление скорости продвижения «лба» струи по сухой борозде.

Физическая картина продвижения лба струи по сухой борозде описана выше. Она значительно сложнее продвижения элементарного объема в потоке воды при установившемся движении по смоченной борозде, которое выражается формулой (25). Здесь изменение величины расхода и скорости продвижения лба струи по длине борозды пропорционально некоторой изменяющейся по времени величине не установившегося впитывания, а величина шероховатости русла переменна по времени и т. п. Влияние уже только этих двух факторов выразить математически очень сложно (10, 12). Наряду с различием в явлениях можно отметить внешние сходные признаки, выражающие граничные условия движения струн воды в борозде.

Эти сходные признаки позволяют в основу зависимости между временем с начала пуска головного расхода и расстоянием продвижения за это время лба струи по сухой борозде положить теоретическую зависимость (25), а коэффициент A заменить многочленом с двумя опытными параметрами. Не вдаваясь в пояснения подбора указанного многочлена, рекомендуемая в конечном результате полуэмпирическая формула будет иметь вид:

$$t_{д.с.} = \frac{P \left[\frac{x}{l_c} - \varphi \sin \left(\pi \frac{x}{l_c} \right) \right] \left[q^{\frac{2}{3}} - (q - K_y \bar{B}_x \cdot x)^{\frac{2}{3}} \right]}{K_y \cdot \bar{B}_x \sqrt[3]{i}}, \text{ сек}. \quad (26)$$

В крайних пределах при $x=0$ имеем $t_{д.с.}=0$,

$$\text{при } x=l_c = \frac{q}{K_y \bar{B}_c} \text{ имеем } t=T = \frac{P \cdot q^{\frac{2}{3}}}{K_y \bar{B}_c \sqrt[3]{i}}, \quad (27), (28)$$

при добегае до конца борозды $x=l_c$

В формулах:

l_c — длина смачивания, т.е. наибольшая длина, на которую струя воды может пройти (смочить) поливную борозду неограниченной длины, м;

P — опытный параметр, сек^{2/3};

φ — поправочный коэффициент, б/р;

x — расстояние от головного до любого сечения поливной борозды, м;

q — расход в голове борозды, м³/сек;

$\bar{B}_x$ — среднее значение ширины зеркала воды на участке от головы до расчетного сечения, м;

$\bar{B}_c$ — то же на всей длине смачивания, м:

$$\bar{B}_c = 0,5(B_z + B_c), \quad (29)$$

B_c — ширина зеркала в конце длины смачивания, м (принимается в зависимости от уклона борозды по таблице 5).

Таблица 5

Расчетная ширина зеркала воды в конце длины смачивания на поливных бороздах в зависимости от уклона борозд

Диапазон уклонов	Расчетная ширина зеркала воды, м	Диапазон уклонов	Расчетная ширина зеркала воды, м
0,005—0,010	0,09	0,020—0,025	0,06
0,010—0,015	0,08	0,025—0,030	0,05
0,015—0,020	0,07		

Ширина зеркала в любом сечении определяется по формуле (20) в зависимости от расхода воды в этом сечении, который может быть установлен по формуле (22).

Значения опытных параметров зависят от типа поливных борозд и величина их, по данным наших полевых исследований, в среднем может приниматься для борозд при ширине междурядий 60 см по таблице 6.

Таблица 6

Значения опытных параметров к формуле (26)

Тип поливных борозд	Параметр, P	Поправочный коэффициент
Первого типа (без замина)	5,50	+0,13
Второго типа (с 1 замином)	3,60	+0,04
Третьего типа (с 2 заминами)	3,20	-0,05

Примечание. При ориентировочных расчетах поправочный коэффициент может быть принят равным нулю. При этом первый сомножитель числителя формулы (26) упрощается.

Порядок расчета и рекомендации к нему

Имеется поливной участок правильной прямоугольной формы (рис.4); поверхность его спланирована с постоянным уклоном; размеры участка, величина уклона местности, водно-физические свойства почвогрунтов известны и стабильны на всей площади; агротехнические требования к поливу заданы. Требуется при любом из вариантов полива рассчитывать оптимальные размеры элементов техники полива: длину поливных борозд, головной расход, число оросителей (ок-арыков) и их расход, продолжительность полива по стадиям, поливную норму нетто и брутто и КПД техники полива.

Вариант полива в каждую борозду, через борозду по незамятым или по замятым, а также вариант дозировки назначается в соответствии с природно-хозяйственными условиями орошаемой территории.

Расчет длины поливных борозд и продолжительности периода доувлажнения при всех вариантах полива рекомендуется вести для борозды, имеющей наибольший коэффициент установившегося впитывания: по незамятым (первый тип борозды) при поливе в каждую борозду и по замятым один раз (второй тип борозды) при поливе через борозду по замятым. Эта рекомендация несколько снижает расчетную длину борозд и обуславливает незначительное недоувлажнение расчетного слоя в конце поливных борозд, имеющих фильтрационную способность ниже расчетной борозды.

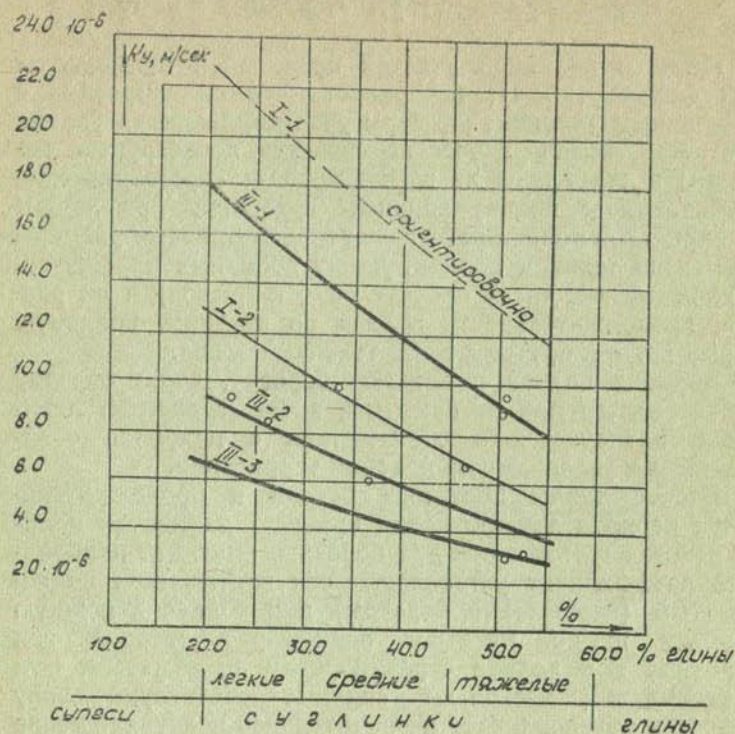
Значение элементов техники полива рекомендуется рассчитывать для условий третьего полива и проверять возможность проведения первого полива.

Методика и порядок расчета:

1. Допускаемый расход в головах поливных борозд устанавливается по графику на рис. 12 и для расчета по 3-му поливу принимается на 10—20% меньше. Величина коэффициента установившегося впитывания для 3 и 1-го поливов для расчетных поливных борозд принимается по графику на рис. 13.

2. Длина смачивания устанавливается по формуле (27), а средняя ширина зеркала воды — по формуле (29) и таблице 5.

3. Максимальная длина поливной борозды принимается меньше длины смачивания во избежание практи-



I — первый полив; III — третий полив;
 1 — поливные борозды 1^{го} типа — без замина; 2 — с одним замином; 3 — с двумя заминами.
 III-2 — третий полив по борозде 2^{го} типа

Рис. 13. График рекомендуемых значений коэффициента установившегося впитывания для различного типа поливных борозд по 1 и 3-му поливам.

чески недопустимого срока добегаания. Из этих соображений:

$$l_0 = \alpha \cdot l_c, \text{ м.} \quad (30)$$

В случаях, когда длина поливного участка задана, первоначально установленная длина поливной борозды уточняется критерием, по которому она должна быть кратной длине поливного участка, т. е.:

$$N = \frac{L_{п.у.}}{l_0}, \text{ шт.} \quad (31)$$

В формулах:

α — коэффициент, величина которого принимается по максимуму КПД или по технико-экономическим расчетам. Значение коэффициента для предварительных расчетов может быть принято около 0,60 для варианта полива с постоянной струей и меньше 0,40 для варианта с переменной струей;

$L_{п.у.}$ — длина поливного участка, м;

N — целое число поливных делянок.

4. Расход в голове временного оросителя (ок-арыка) представляется суммой расходов поливных борозд с запасом 2—5% на потери и концевой сброс

$$Q = 1,05 \cdot \bar{q} \cdot n, \text{ л/сек,} \quad (32)$$

где $\bar{q}$ — средний головной расход поливной борозды, л/сек;

n — число поливных борозд на ок-арыке:

$$n = \frac{B}{a^1}, \text{ шт.} \quad (33)$$

B — ширина поливного участка (нетто), м;

a^1 — расстояние между поливными бороздами (ширина одного или двух междурядий при поливе соответственно в каждую борозду или через борозду), м.

При расчете элементов техники полива на поливном участке с временной оросительной сетью расход временного оросителя (ок-арыка) из условия проходимости тракторных агрегатов на послеполивных обработках почвы не должен превышать 35 л/сек и до 40 л/сек при проверке на первый полив. Если в расчете по формуле (32) величина его будет больше, то необходимо уменьшить либо ширину поливного участка (длину ок-арыков), либо расходы в головах поливных борозд. В пос-

леднем случае это отразится на длине поливных борозд.

5. Продолжительность всего времени полива складывается из продолжительности периодов добегания и доувлажнения (по расчетной борозде), т. е.

$$t = t_d + t_y, \text{ час.} \quad (34)$$

Период добегания состоит из времени добегания струи воды до конца расчетной поливной борозды, которое определяется зависимостью (26) и временем смачивания почвы в концевом сечении борозды в период добегания, т. е.

$$t_d = t_{d.c.} + t_0, \text{ час.,} \quad (35)$$

где t_0 — время на смачивание почвы в концевом сечении борозды от момента добегания струи до установления стабильной величины сбросного расхода; рекомендуется, по опытным наблюдениям, в расчетах принимать равным 2 часам.

6. Продолжительность периода доувлажнения расчетного слоя почвы вычисляется по формуле (формула построена из условия, что продолжительность доувлажнения равна отношению свободной влажности в расчетном слое почвы перед поливом к расходу фильтрации из борозды):

$$t_y = \frac{P(\alpha_c - \alpha_0) \cdot a^* \cdot (h_p - h_0)}{3600(K_y - K_u) \cdot B_k}, \text{ час.} \quad (36)$$

где P — предельная полевая влагоемкость ППВ (табл. 1), в долях от объема сухой почвы расчетного слоя увлажнения;

α_c — средняя в расчетном слое и сечении предельная влажность почвы после полива, в долях от ППВ; рекомендуется принимать в соответствии с данными опытов при поливе в каждую борозду — 1,00; при поливе через борозду — от 0,85 до 0,90;

α_0 — расчетная влажность почвы перед поливом, в долях от ППВ; рекомендуется принимать в пределах 0,6—0,7;

h_p — расчетный слой увлажнения почвы, м;

B_k — ширина зеркала воды в борозде в концевом (расчетном) сечении, м (по табл. 5);

K_u — коэффициент испарения с водной поверхности (при 20°C значения его лежат в пределах $0,70 \times 10^{-6} \div 0,90 \times 10^{-6}$ м/сек);

K_y — коэффициент установившегося впитывания, относенный к ширине зеркала воды (значения включают испарение с поверхности воды в борозде), м/сек;

h_0 — глубина слоя почвы в конце поливных борозд, увлажнение которого происходит в период добегания. Ориентировочно определяется по формуле:

$$h_0 = \frac{3600(K_y - K_u) \cdot \gamma \cdot B_k t_0}{P \cdot a^* (\alpha_c - \alpha_0)}, \text{ м,} \quad (37)$$

где γ — коэффициент, который показывает, во сколько раз фильтрация из борозды в первый час больше коэффициента установившегося впитывания. Величина ориентировочно устанавливается по эмпирической формуле:

$$\gamma = \frac{\gamma^1}{P}, \text{ б/р,} \quad (38)$$

здесь P — опытный параметр (по табл. 6);

γ^1 — показатель категории грунтов, значения которого в расчетах рекомендуется принимать для тяжелых грунтов 12,0; средних 13,0 и легких 14,0.

7. Величина сбросного расхода в конце поливной борозды при постоянной струе в период доувлажнения:

$$q_c = q_y - K_y \cdot \bar{B}_k \cdot t_y, \text{ л/сек.} \quad (39)$$

8. Объем воды, поступивший в расчетную борозду за время полива:

$$W = 3,6(q_d t_d + q_y t_y), \text{ м}^3. \quad (40)$$

9. Составляющие водного баланса работы поливной борозды при поливе в две стадии.

В соответствии с расчетной схемой на рис. 14 можно написать балансовое уравнение и, далее, используя зависимости (36), (37), (39), расшифровать его составляющие:

$$W = W_d + W_y = W_n + W_u + W_{к.с.} + W_{з.с.}, \text{ м}^3. \quad (41)$$

Полезный объем на увлажнение расчетного слоя почвы для расчетной борозды (прямоугольник ниже осевой линии на эюре (рис. 14):

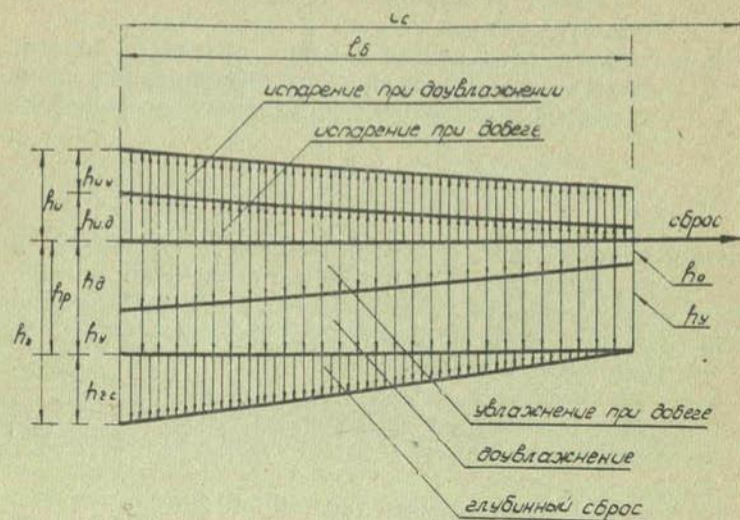


Рис. 14. Схема результатов работы борозды при поливе.

$$W_n = h_p \cdot l_b \cdot \alpha' P(\alpha_c - \alpha_0), \text{ м}^3. \quad (42)$$

Непроизводительные затраты:
на испарение с водной поверхности в период добега-
ния

$$W_{и.д.} = 1800 \cdot K_u \cdot \bar{B}_k \cdot l_b \cdot t_d, \text{ м}^3; \quad (43)$$

то же в период доувлажнения

$$W_{и.у.} = 3600 \cdot K_u \cdot \bar{B}_k \cdot l_b \cdot t_y, \text{ м}^3; \quad (44)$$

на концевой сброс в период доувлажнения

$$W_{к.с.у.} = (3,6 \cdot q_y - 3600 \cdot l_b \cdot \bar{B}_k \cdot K_y) \cdot t_y, \text{ м}^3; \quad (45)$$

то же в конце периода добега

$$W_{к.с.д.} = \frac{W_{к.с.у.} \cdot t_d}{2 \cdot t_y}, \text{ м}^3; \quad (46)$$

на глубинный сброс

$$W_{з.с.} = 3,6(q_d \cdot t_d + q_y t_y) - (W_n + W_u + W_{к.с.}), \text{ м}^3, \quad (47)$$

где W_u ; $W_{к.с.}$ — соответственно суммарные за время по-
лива объемы на испарение и концевой
сброс, м^3 .

10. КПД работы поливной борозды как отношение
полезного объема к объему воды, поступившему за вре-
мя полива

$$\eta_{\sigma} = \frac{W_n}{W} = 1 - \frac{W_u + W_{к.с.} + W_{з.с.}}{3,6(q_d t_d + q_y t_y)}, \text{ б/р}. \quad (48)$$

При поливе переменной струей головной расход на
период доувлажнения рекомендуется уменьшать на ве-
личину сбросного расхода, который имеет место при по-
ливе постоянной струей. При этом:

$$q_y = q_d - q_{с.}, \text{ л/сек}. \quad (49)$$

Если принять головной расход борозд в период доув-
лажнения как разность головного расхода и расхода
сброса в период добега, то в последний период не-
большой сбросной расход останется. Величина его может
быть вычислена по той же зависимости (39), где голов-
ной расход определяется по формуле (49).

II. КПД техники полива представляется произведе-
нием:

$$\eta_{т.п.} = \eta_{\sigma} \cdot K_{п.н.} \cdot \eta_{у.с.}, \text{ б/р}, \quad (50)$$

где $K_{п.н.}$ — коэффициент поперечной неравномерности
распределения воды на поливном участке.

$$K_{п.н.} = 1 - \frac{\Delta_{max}}{300 \sqrt{2\pi}} = 1 - \frac{\Delta_{max}}{750}, \text{ б/р}; \quad (51)$$

Δ_{max} — максимальное возможное отклонение расхода в голове поливных борозд от заданного или среднего по временному оросителю (ок-ары-ку), в %.

Величина возможного отклонения зависит от совершенства дозирующих устройств, принятых для оборудования оголовков поливных борозд: при отсутствии оборудования максимальные отклонения достигают $\pm 50\%$ от назначенного расхода в головах борозд или среднего по временному оросителю, и тогда соответственно коэффициент поперечной неравномерности составит 0,93; при оборудовании салфетками в зависимости от квалификации поливальщиков возможные отклонения расходов лежат в пределах 20—40% и соответственно значение коэффициента поперечной неравномерности в пределах 0,95—0,97; при совершенном оборудовании отклонения 5—10%, а коэффициент 0,99 и выше.

$\eta_{у.с.}$ — КПД временной участковой оросительной сети. По данным литературных источников, значения КПД могут быть приняты в пределах 0,95—0,97, включая эксплуатационные сбросы в конце каналов. Меньшее значение для легких грунтов, большее — для тяжелых. При внутриучастковой сети из поливных лотков, трубопроводов 0,98—0,99.

Качество полива по длине поливных борозд может характеризоваться коэффициентом продольной неравномерности увлажнения. Последний представляет отношение удельного объема воды, впитавшегося в почву в конечном сечении борозды, к среднему объему воды, поступившему в почву из поливной борозды на всей ее длине

$$K_{пр.н.} = \frac{W}{W_n + W_{э.с.}}, \text{ б/р.} \quad (52)$$

По рекомендациям доктора сельскохозяйственных наук Г. Ю. Шейнкина величина этого коэффициента при поливе по бороздам должна быть в пределах 0,70—0,80.

Коэффициент продольной неравномерности увлажнения удачно дополняет характеристику качества полива по бороздам, не противопоставляясь величине КПД техники полива. Последний характеризует непроизводительные затраты оросительной воды (в том числе глубинный

сброс) как неизбежные при «нормальном» поливе потери на увлажнение почвы ниже корнеобитаемого (расчетного) слоя. При недополивах или поливах «нормой добегаания» величина его увеличивается за счет уменьшения глубинного и конечного сбросов. В то же время коэффициент продольной неравномерности, характеризующий распределение глубины увлажнения почвы по длине поливной борозды и связанную с этим урожайность сельскохозяйственной культуры, уменьшается при недополивах до нуля, когда полив прекращается с добогом струи до конца борозды. Таким образом, тенденция повышения КПД техники полива должна разумно ограничиваться величиной коэффициента продольной неравномерности увлажнения почвы. Наиболее правильным критерием здесь, видимо, будет экономический расчет сопоставления стоимости затрачиваемой воды и потерь урожайности сельскохозяйственной культуры с сокращением периода доувлажнения в диапазоне от «нормального» полива до полива «нормой добегаания». В первом приближении вместо сложных экономических расчетов для конкретных условий могут быть приняты приведенные ранее критерии величины коэффициента, предлагаемые Г. Ю. Шейнкиным.

Пример и алгоритм к программе для ЭВМ расчета элементов техники полива по проточным бороздам (разработан при помощи кандидата физико-математических наук Б. А. Сидристого)

Предлагаемый пример, выполненный в виде алгоритма для составления программ расчета на ЭВМ, может служить и для целей облегчения освоения методики расчета с использованием простых счетных приспособлений в виде логарифмической линейки, арифмометра и т. п.

Расчет элементов и показателей техники полива по бороздам может быть выполнен для поливных участков прямоугольной конфигурации, имеющих постоянный уклон и постоянные водно-физические свойства почвы на длине поливных борозд. При переменности этих факторов показатели по ним для расчета могут быть осреднены, что в какой-то степени отразится на достоверности результатов расчета. Расчет может выполняться:

а) в условиях, когда размеры (ширина и длина) поливного участка заданы (участок существует) и когда необходимо установить размеры участка, исходя из оптимальной величины показателей техники полива (проектирование оросительной сети на новых землях или при переустройстве);

б) в двух вариантах дозировки струи воды в поливные борозды — с постоянной величиной расхода за весь период полива и с переменным расходом, когда во второй стадии полива при доувлажнении расход в головах поливных борозд уменьшается на величину сбросного расхода, имеющего место в конце первой стадии полива;

в) при различных вариантах полива — в каждую борозду, через междурядье по замятым и незамятым бороздам.

Расчет вариантов дозировки с различной величиной расхода воды в головах поливных борозд разного типа алгоритмом не предусматривается как случай, целесообразность которого еще не доказана (но и не исключается при некотором усложнении алгоритма).

Расчет элементов техники полива в случае участия в поливе борозд разного типа выполняется для расчетной борозды с наибольшей фильтрационной способностью (при поливе в каждую борозду расчет ведется по борозде 1-го типа — «пуште», через борозду по замятым — по борозде 2-го типа — «саргызме»). Если показатели КПД техники полива, поливные нормы и т. п. необходимо уточнить, то расчет проводится раздельно по бороздам разного типа и показатели берутся средние.

Исходные данные расчета необходимо иметь следующие:

1. Длину и ширину поливного участка или указание на отсутствие лимитирующих размеров или наличие только длины участка (ширина не лимитируется).

2. Продольный уклон поливных борозд.

3. Пропускную способность оросительного водовода — ок-арыка, поливного лотка, трубопровода (величина пропускной способности водовода может отсутствовать и быть получена по расчету при заданных размерах поливного участка).

4. Характеристику почвогрунтов (верхнего 20 см слоя):

а) содержание глины в % от объема или категорию почвогрунта по мехсоставу;

б) порозность в % от объема;

в) предельную полевую влагоемкость (ППВ) в % от порозности.

5. Расчетный слой увлажнения.

6. Вариант полива и вариант дозировки (принимаются по агротехническим соображениям).

В соответствии с основными исходными данными подбираются показатели, на основании которых по программе с помощью ЭВМ или вручную ведется расчет размеров элементов техники полива. Перечень этих данных приводится в таблице 7, где в столбцах 5 и 6 наметчен возможный в производственных условиях диапазон изменений каждого из показателей; в столбце 7 рекомендуется шаг (точность вычисления) показателей; в столбце 8 дается источник, который позволяет наметить величину показателя для расчета (ссылки на таблицы, графики и рекомендации, приведенные в работе, не исключают ориентировку на другие данные, особенно, когда расчет ведется не для условий хлопководческой зоны Средней Азии); в столбце 9 выписываются величины показателей, установленные для конкретных условий расчета (контрольный пример для программы на ЭВМ).

Особое внимание следует обратить на то, что по показателям 1 и 2 (длина и ширина поливного участка) в случае, когда размеры поливного участка не заданы, т. е. когда участок проектируется по оптимальным значениям элементов техники полива, в столбце 9 размеры проставляются символом «0». При продольной схеме нарезки участковой сети, когда ширина участка не имеет ограничений в виде постоянных каналов, дорог и т. п., символ «0» проставляется только по показателю 2 — ширине поливного участка.

Условный показатель варианта дозировки 24, при простановке его значения в столбце 9 таблицы цифрой 1 показывает, что расчет ведется только по варианту полива с постоянной струей, цифрой 2 — только с переменной струей и цифрой 3 — производятся оба расчета, т. е. и с постоянной и с переменной струей.

Для составления программ расчета для любого типа ЭВМ общего назначения на рис. 15 изображена блок-схема последовательности ведения расчета. На схеме:

Данные и показатели для расчета размеров элементов техники полива
(ввод в память ЭВМ)

Наименование показателя	Обозначение	Ед. изм.	Диапазон		Шаг	Источник информации	Данные контр. примера
			от	до			
1	2	3	4	5	6	7	8
1. Длина поливного участка	$L_{п.у.}$	м	200	1500	10	исходн. данные	780
2. Ширина поливного участка	$B_{п.у.}$	м	50	200	10	—	100
3. Уклон поливной борозды	i	б/р	0,001	0,05	0,005	—	0,013
4. Пропускная способность водовода	Q	л/сек	10	200	2	—	40
5. Предельная полевая влагоемкость по объему (ППВ)	Π	б/р	0,15	0,50	0,01	табл. 1	0,32
6. Предельная влажность после полива, % от ППВ	α_c	б/р	0,80	1,00	0,01	стр. 7	0,9
7. Расчетная влажность перед поливом, % от ППВ	α_o	б/р	0,55	0,75	0,01	стр. 8	0,7

Продолжение таблицы 7

1	2	3	4	5	6	7	8
8. Расчетная глубина увлажнения	h_p	м	0,20	1,50 *	0,10	стр. 6	1,0
9. Коэф. установившегося впитывания для 3-го полива	K_y K_y'	м/сек	$1,0 \times 10^{-6}$	$25,0 \times 10^{-6}$	$0,1 \times 10^{-6}$	рис. 13	5×10^{-6}
10. То же для 1-го полива	K_u	м/сек	$0,5 \times 10^{-6}$	$1,0 \times 10^{-6}$	$0,1 \times 10^{-6}$	—	$6,8 \times 10^{-6}$
11. Коэф. испарения с водной поверхности	a	м	0,40	1,00	0,10	стр. 45	$0,8 \times 10^{-6}$
12. Ширина междурядья	a'	м	0,40	1,40	0,20	стр. 10	0,6
13. Расстояние между поливными бороздами	q_i	л/сек	0,01	3,00	0,05	$a' = 2a$	1,2
14. Допуск. расход в гон. поле поливных борозд	q	л/сек	—	—	—	рис. 12	0,44
15. То же расчетный	a	б/р	0,30	0,75	0,01	0,8—0,9 q_i	0,35
16. Коэф. соотношения длины борозды к длине смачивания (относительная длина борозды)						рис. 16	0,58

1	2	3	4	5	6	7	8
17. Условная ширина зеркала воды в конце длины смачивания	B_c	м	0,04	0,10	0,01	табл. 5	0,08
18. Опытный параметр к ф-ле (26)	P	c^2/s	3,0	6,0	1,0	табл. 6	3,6
19. Поправочный коэф. к ф-ле (26)	φ	б/р	-0,05	+0,15	0,01	табл. 6	+0,04
20. Опытный параметр к ф-ле (38)	γ'	б/р	12,0	14,0	0,5	подтекст к ф-ле (38)	3,34
21. Период стабилизации сбросного расхода в конце поливных борозд	t_0	час	1,5	2,5	0,5	стр. 44	2,0
22. Максимальное отклонение от заданного расхода при работе дозирующих устройств в головках борозд	Δ	%	5	50	5	подтекст к ф-ле (51)	30
23. КПД оросительной сети поливного участка	$\eta_{ус.}$	б/р	0,80	1,00	0,01	стр. 48	0,97
24. Показатель варианта дозирования	σ	б/р	1	3	1	стр. 51	3

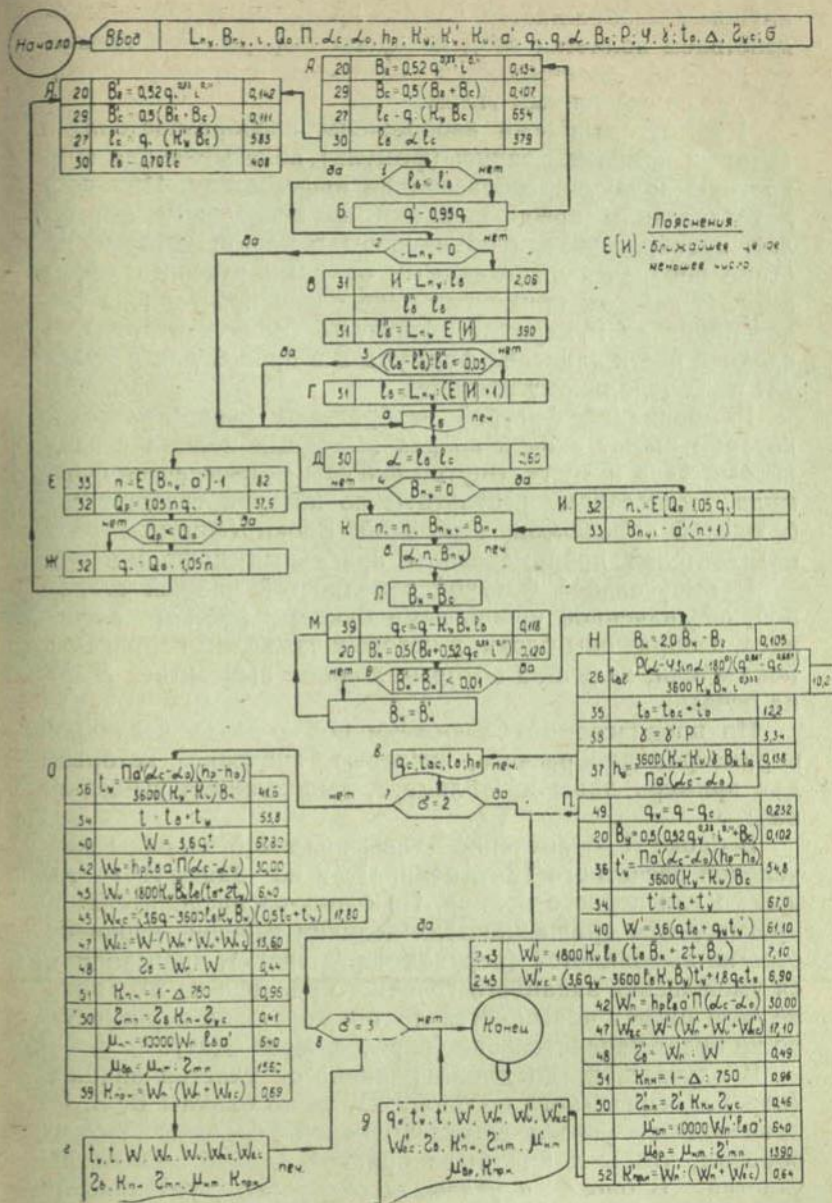


Рис. 15. Блок-схема порядка расчета элементов техники полива по бороздам.

кружком изображается начало программы, где первым действием является ввод исходной информации, данные по которой записываются символом в прямоугольной фигуре со скошенным углом.

Прямоугольниками изображены преобразователи, в которых помещена запись (формула), показывающая конкретную задачу преобразования информации. При последовательном преобразовании по нескольким формулам преобразователи объединены в блоки, которые на схеме обозначены заглавными буквами русского алфавита. В каждом прямоугольнике слева проставлена ранее принятая нумерация формулы (для контроля), в средней части записана формула и в правой дан результат по контрольному примеру.

Ромбовидной фигурой изображены распознаватели, которые имеют вход и по два выходных полюса с надписями «да» и «нет». Внутри фигуры записывается формула, вычисленные результаты по которой требуют соблюдения определенных условий. Блоки (фигуры) распознавателей пронумерованы арабскими цифрами.

Прямоугольной фигурой с волнистой нижней стороной, обозначенной прописными буквами русского алфавита, изображены блоки, в которых символами записаны показатели, величина которых должна выноситься ЭВМ на печать.

По предлагаемой блок-схеме после ввода исходных параметров для расчета, числовые значения которых для примера даны в таблице 7, выполняются вычисления:

В блоке *A* — значение длины поливной борозды для условий расчетного (3-го полива) и по блоку *A'* — то же, но для первого полива. По блоку-распределителю 1 производится сравнение этих величин и, если неравенство не выполняется (переход через «нет»), производится уменьшение заданного головного расхода на 5%, после чего расчет повторяется до тех пор, пока неравенство не будет удовлетворено (переход через «да»).

В случаях, когда длина поливного участка задана (переход через «нет» по блоку 2), то по блокам *B*, *З*, *Г* производится увязка длины поливной борозды таким образом, чтобы длина была кратной длине поливного участка. В блоке *a* указывается печать увязанного по предыдущим условиям размера борозды.

В блоке *Д* вычисляется новое значение относительной длины борозды, когда первоначальная длина ее изменена.

В блоке 4 устанавливаются два варианта решения, когда ширина поливного участка задана «нет» (не равна нулю) и когда этот размер ограничен «да», т. е. ширина равна нулю. По первому варианту по блоку *Е* устанавливается число поливных борозд и величина расчетного расхода оросителя, которая в блоке 5 сравнивается с заданной его пропускной способностью. В случаях, когда расчетный расход больше пропускной способности — переход через «нет», то в блоке *Ж* вычисляется новый наибольший допустимый расход в головах поливных борозд и расчет возвращается к блоку *A*. Когда условие по блоку 5 удовлетворяется (переход через «да»), то установленное значение числа поливных борозд через блок *К* по блоку 6 выходит на печать; также на печать выводятся вычисленные в блоке *И* предельные значения числа поливных борозд и ширины поливного участка, если последняя не задана (переход через «да» по блоку 4).

В блоках *Л* и *М* вычисляется ширина зеркала воды в конце поливной борозды и средняя ширина по ее длине путем последовательного приближения до соблюдения условия, записанного в блоке 6, когда разница между окончательным значением и предыдущим приближением не будет превышать 1% (при ручном счете достаточна точность 5%).

В блоке *Н* вычисляется часть показателей, относящихся к первому периоду полива — добеганию струи, некоторые из них, записанные в блоке *в*, выводятся на печать.

В блоке 7 ставится условие вычисления показателей по второму периоду полива: при постоянной струе (переход через «нет») вычисления идут по блоку 0; при переменной струе (уменьшение расхода в голове поливных борозд во втором периоде (с переходом через «да») — по блоку *Л*. В обоих случаях в блоках *г* и *д* перечислены показатели, которые выносятся в печать.

В блоке 8 ставится условие, когда показатели рассчитываются при постоянной и переменной струе (переход через «да»).

При ручном счете последовательность расчета, пока-

Показатели техники полива по вариантам

Показатели	По неза- мятым	По занятым						По всем типам борозд постоянным расходом			
		1 тип	постоян. расходом			перемен. расходом			1 тип	2 тип	3 тип
			2 тип	3 тип	4	2 тип	3 тип	6			
1	2	3	4	5	6	7	8	9			
1. Длина смачивания, м	324	650	853	650	853	324	650	853			
2. Длина борозды, м	194	390	390	390	390	194	194	194			
от длины смачива- ния, %	60	60	46	60	46	60	29,8	22,6			
3. Головной расход, л/сек:											
а) добегания	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35			
б) доувлажнения	0,35	0,35	0,35	0,232	0,176	0,35	0,35	0,35			
4. Коэф. установив. впит., м/сек	$10,0 \times 10^{-6}$	$5,0 \times 10^{-6}$	$3,8 \times 10^{-6}$	$5,0 \times 10^{-6}$	$3,8 \times 10^{-6}$	$10,0 \times 10^{-6}$	$5,0 \times 10^{-6}$	$3,8 \times 10^{-6}$			
5. Глубина увлажнения, м:											
а) в конце борозды	1,00	1,00	0,85	1,00	0,74	1,00	0,79	0,61			
б) в начале борозды	1,69	1,56	1,13	1,55	1,07	1,81	0,94	0,71			

Продолжение таблицы 8

1	2	3	4	5	6	7	8	9
6. Продолжит. полива, час.	26,1	53,2	53,2	67,8	67,8	20,6	20,6	20,6
в т. ч. добегания	8,6	12,3	9,8	12,3	9,8	8,6	4,2	3,9
доувлажнения	17,5	40,9	43,4	55,5	58,0	12,0	16,4	16,7
7. Водоподача, м³, всего	32,80	67,00	67,00	61,8	49,0	25,90	25,90	25,90
в т. ч. при добегании	10,80	15,50	12,30	15,5	12,3	10,80	5,30	4,80
при доувлажне- нии	22,00	51,50	54,70	46,3	36,7	15,10	20,60	21,00
8. Статьи расхода (в % водоподачи):								
а) полезно использов.	46,30	44,80	43,00	48,43	46,42	44,00	40,70	32,30
б) на испарение	4,50	9,40	10,10	11,24	14,00	4,20	5,10	5,20
в) на концевой сброс	24,00	26,80	39,20	11,33	13,78	21,40	54,20	62,50
г) на глубинный сброс	25,20	19,00	7,70	29,00	25,80	30,40	—	—
9. КПД работы борозды	0,46	0,45	0,43	0,48	0,46	0,44	0,41	0,32
10. КПД техники полива	0,43	0,42		0,45				
11. Поливная норма, м³/га, нетто	645	647		647		970		
12. Поливная норма, м³/га, брутто	1500	1540		1420		2365		
13. Коэф. продольн. не- равномерности увлаж- нения	0,65	0,70		0,63		0,59		

Расчетные значения длины смачивания и длины поливных борозд в зависимости от уклона и водопроницаемости почв (для 3-го полива)

Водопроницаемость грунтов	Уклон	Расход в головах борозд, л/сек		Полив по незамкнутым (1-й тип борозд)				Полив по замкнутым (2-й тип борозд)			
		q _г	q _р	K _у м/сек	l _о м	l _о м	K _у м/сек	l _о м	l _о м	K _у м/сек	l _о м
1. Высокая (25% глины)	0,030	0,05	0,05	$16,4 \times 10^{-6}$	48	30	$8,6 \times 10^{-6}$	91	50	$8,6 \times 10^{-6}$	91
	0,020	0,10	0,09		68	40		129	80		129
	0,010	0,28	0,25		148	90		282	180		282
	0,005	0,62	0,56		266	160		520	300		520
	0,002	1,65	1,50		508	300		970	580		970
2. Средняя (37% глины)	0,030	0,09	0,08	$12,8 \times 10^{-6}$	91	50	$12,8 \times 10^{-6}$	180	110	$12,8 \times 10^{-6}$	180
	0,020	0,15	0,14		126	80		252	160		252
	0,010	0,37	0,33		239	150		478	300		478
	0,005	0,85	0,67		352	210		702	420		702
	0,002	1,84	1,66		720	430		1440	850		1440
3. Низкая (55% глины)	0,030	0,12	0,11	$8,0 \times 10^{-6}$	178	100	$8,0 \times 10^{-6}$	377	240	$8,0 \times 10^{-6}$	377
	0,020	0,20	0,18		250	160		525	320		525
	0,010	0,52	0,47		520	320		1100	660		1100
	0,005	1,16	1,05		920	550		1950	1200		1950
	0,003	2,00	1,80		1250	750		2640	1550		2640

занная в блок-схеме (рис. 15), будет та же; расчеты рекомендуется вести в табличной форме.

Результаты расчетов элементов техники полива по различным вариантам и при разной дозировке головных расходов (при длине поливного участка 780 м и тяжелых почвогрунтах) сведены в таблице 8. Они подтверждают возможность с помощью предлагаемой теории решить вопросы определения любых показателей техники полива по проточным бороздам; анализ показателей по вариантам полива и дозировки позволяет установить оптимальный из них для конкретных природно-хозяйственных условий.

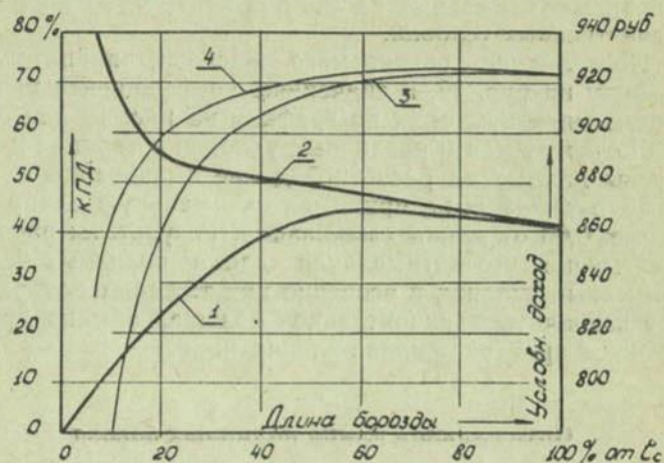
По величине допускаемого расхода, принятого по графику на рис. 12, и значениям коэффициента установившегося впитывания по графику на рис. 13 для средних почвогрунтов и различных уклонов в таблице 9 приведены данные по расчетной длине смачивания и длине поливных борозд, принимая оптимальную длину последних 0,60 от длины смачивания. Результаты расчетов показывают, что оптимальная длина поливных борозд при малых уклонах и особенно при тяжелых почвах может назначаться значительно больше, обычно применяемой в практике полива хлопчатника.

Оптимальная длина поливных борозд

Вопрос оптимальности длины поливных борозд может быть решен с разных позиций. Наиболее важными критериями представляются максимум КПД техники полива и минимум суммарных затрат средств (рабсилы и материалов) на производство полива.

С позиции максимума КПД техники полива (или работы поливной борозды) оптимальная длина борозд является расчетами по изложенной в предыдущих разделах теории работы поливной борозды. По предложенным зависимостям для среднетяжелых суглинков при уклоне поля 0,013 для третьего полива при коэффициенте установившегося впитывания для замкнутых борозд $5,0 \times 10^{-6}$ м/сек и при длине смачивания 650 м вычислены значения КПД работы поливной борозды при различной ее длине в вариантах постоянного расхода струи воды в головах поливных борозд в течение всего полива и

переменного расхода, когда во второй стадии полива для уменьшения концевых сбросов головные расходы струи уменьшаются. Результаты расчетов приводятся в столбцах 6 и 9 таблицы 10. На основании этих расчетов на рис. 16 построены графики зависимости КПД работы поливной борозды при постоянном (кривая 1) и переменном (кривая 2) расходах от относительной длины поливной борозды в процентах от длины смачивания.



- 1-КПД при постоянном расходе струи в головке борозды
2-То же с переменной струей по стадиям полива
3-Условный чистый доход при постоянном расходе струи
4-То же с переменной струей по стадиям полива

Рис. 16. График зависимости КПД работы борозды и условного чистого дохода от длины борозды.

Как видно, обе зависимости в конечном пределе, когда длина борозды близка к длине смачивания, сходятся в одной точке, показывая одинаковое значение КПД как для полива с постоянной струей, так и при переменном расходе. Действительно, в этом случае полив переменной струей невозможен, так как не может

быть сбросного расхода. С уменьшением относительной длины борозды КПД ее работы при переменном расходе (кривая 2) постепенно увеличивается, не имея максимума. В этом же диапазоне кривая 1, характеризующая КПД работы борозды с постоянным головным расходом в обеих стадиях полива, показывает увеличение значений КПД с максимумом при относительной длине борозды около 60% с последующим снижением его до нуля при малой длине борозды (в пределе весь головной расход уходит на сброс).

С экономической точки зрения оптимальная длина поливной борозды может быть установлена по минимуму затрат на полив или по максимуму условного чистого дохода с гектара поливных земель при поливе с различной длиной поливных борозд. Чистый доход считается условным, исходя из того, что он получается исключением из стоимости валовой продукции только тех затрат, которые в какой-то степени зависят от длины поливных борозд [23]. Он может быть выражен зависимостью:

$$D_y = C - (Z^1 + C_0), \text{ руб/га.} \quad (53)$$

Слагаемые зависимости определяются по следующим формулам:

I. Стоимость валовой продукции

$$C = YЦ \left[1 - \frac{2b^1 + nb}{n\bar{L}_0} \right], \text{ руб/га.} \quad (54)$$

В формуле:

Y — урожайность на площади нетто (в расчетах для хлопчатника принята 25 ц/га);

Ц — стоимость продукции (принята для хлопчатника 39,0 руб/ц);

$\bar{L}_0$ — средняя длина поливной борозды, м;

b — ширина отчуждения под временный ороситель (принято 1,10 м);

b^1 — условная ширина полосы замина растений при развороте трактора по торцам поливного участка (принята 3,0 м);

n — число поливных делянок (условное) на поливном участке ($n = L_{n.u.} : \bar{L}_0$).

Выражение в скобках формулы (54) представляет

собой величину КЗИ поливного участка при исключении площади отчуждений под временные оросители и площади по торцам поливного участка с условной шириной, на которой при развороте трактора уничтожаются все растения.

Эксплуатационные расходы на проведение поливов по бороздам с помощью простейшего инвентаря подразделяются по элементам так, как это представлено ранее в таблице 3 (при другом инвентаре или системах полива элементы процесса будут несколько видоизменяться). Затраты, которые относятся к полевым работам, например, по операциям 1 и практически по 5 таблицы 3, не зависят от длины поливных борозд; остальные затраты на проведение полива будут пропорциональны удельной длине внутриучастковых водоводов (ок-арыков). Если учесть, что последняя связана с длиной поливных борозд зависимостью:

$$l_{в.о.} = \frac{10000}{l_0}, \text{ м/га}, \quad (55)$$

то удельная стоимость этой части затрат будет обратно пропорциональна средней длине борозд на поливном участке, т. е.:

$$\mathcal{E}' = \frac{100 \times \bar{B}_{100} \cdot N}{l_0}, \text{ руб/га}, \quad (56)$$

здесь N — число поливов за вегетацию (принято в расчете 5);

$\bar{B}_{100}$ — удельные эксплуатационные затраты на проведение полива (среднего по стоимости в период вегетации) в части затрат, относящихся к работам на внутриучастковых водоводах, включая рабсилу, горючее и смазочные материалы для тракторов, амортизацию поливных устройств или стоимость малоценного инвентаря и накладные расходы при длине поливных борозд 100 м, руб/га.

В расчетах эксплуатационные затраты на проведение поливов подсчитаны в соответствии со «Справочником по тарификации механизированных и конно-ручных работ в растениеводстве для совхозов», М., 1960.

По расчетам (табл. 3 и 4) для пяти поливов хлопчатника с оборудованием салфетками и длине борозд в 180 м стоимость вегетационных поливов по всем затратам составляет 61,9 руб/га и на один полив 12,4 руб/га. По тем же расчетам затраты только по операциям на водоводах (зависящие от длины борозд) составляют в среднем на 1 полив 4,9 руб/га, а приведенные в соответствии с формулой (55) к длине 100 м — 8,82 руб/га.

Стоимость водоподачи на выделе воды хозяйству на гектар поливной площади (хлопчатника):

$$C_0 = \frac{C_v M_n}{\eta_x}, \text{ руб/га}, \quad (57)$$

здесь C_v — себестоимость (для УОС) водоподачи хозяйству (по Киргизии в среднем 2,93 руб. за 1000 м³);

M_n — средняя нормативная оросительная норма нетто (принята для хлопчатника 5,0 тыс. м³);

η_x — КПД внутрихозяйственной сети, включая КПД техники полива; определяется по формуле:

$$\eta_x = \eta_\sigma \cdot \eta_{в.у.} \cdot \eta_{п.х.}, \quad (58)$$

где η_σ — КПД работы поливной борозды (столбцы 6 и 9 табл. 10);

$\eta_{в.у.}$ — КПД временной участковой сети (в расчете 0,95);

$\eta_{п.х.}$ — КПД постоянной хозяйственной сети (в расчете 0,80).

Результаты расчетов сведены в таблице 10, по данным которой на графиках рис. 16 (тонкими линиями) построены зависимости величины условного чистого дохода от относительной длины поливных борозд, где кривая 3 — условный чистый доход при постоянном расходе струн за все время полива и кривая 4 — при разных расходах по стадиям полива. Обе кривые имеют слабо выраженный максимум при относительной длине поливных борозд, несколько большей 60%, а в конечном пределе, когда длина поливных борозд приближается к длине смачивания, сходятся по той же причине, что зависимости 1 и 2 графика.

КПД и стоимостные показатели при различной длине поливных борозд для постоянного и переменного расхода воды по стадиям полива

Длина борозды		Удельная длина орошит., км/га		Стоим. вало- про- дукт., руб.	Зат- раты на прове- д., руб.	Постоянная струя			Переменная струя		
относи- тельная, %	абсо- лютная, м					КПД б/р	стои- мость водо- подачи, руб.	условн. доход, руб.	КПД б/р	стои- мость водо- подачи, руб.	условн. доход, руб.
10	65	0,154		951,2	67,9	0,140	105,2	778,1	0,703	20,9	862,4
20	130	0,077		959,4	33,9	0,226	64,8	860,7	0,550	26,7	898,8
33	217	0,044		962,3	20,4	0,345	42,6	899,3	0,525	27,9	914,0
50	325	0,031		964,3	13,6	0,430	34,1	916,6	0,495	29,7	921,0
60	390	0,026		965,3	11,3	0,448	32,8	921,2	0,482	30,5	923,5
70	455	0,022		965,3	9,7	0,440	33,4	922,2	0,460	31,9	923,7
90	585	0,017		965,3	7,5	0,418	35,1	922,7	0,422	34,7	923,1
100	650	0,015		965,3	6,8	0,411	35,7	922,8	0,411	35,7	922,8

Положение на графике рис. 16 кривых зависимости КПД работы поливной борозды и условного чистого дохода от относительной длины поливных борозд показывает, что по обоим факторам максимум зависимостей при поливе постоянной струей имеет место при длине поливных борозд, равной около 60% длины смачивания, что и определяет оптимальность длины поливных борозд. При поливе с переменной струей, как показывает кривая 2, чем меньше длина поливных борозд, тем будет выше КПД техники полива.

В литературе и на производстве в отношении длины поливных борозд бытуют градации «коротких» (подразумевается длина меньше 100 м) и «длинных» борозд (длина более 250 м). Будет лучше и обоснованнее градация по относительной длине поливных борозд, считая за «длинные» поливные борозды относительной длиной более 70% от длины смачивания, за «нормальные» — 50—70% и «короткие» — меньше 50% от длины смачивания. Такая градация будет характеризовать (вне зависимости от природных факторов) принятую длину поливных борозд по оптимальности в отношении КПД техники полива и экономической целесообразности.

Для проектирования или переустройства внутрихозяйственной оросительной сети и организации территории, разработки конструкций поливных устройств, стационарных поливных систем и особенно размещения последних в плановом положении на орошаемой территории не вызывает сомнения необходимость теории и методики расчета элементов техники полива, позволяющей установить оптимальные значения этих элементов для различных природно-хозяйственных условий. Задача разработки теории и методики расчета элементов техники полива пропашных культур по проточным бороздам в предлагаемой работе решается для условий аридной зоны орошения. Решение построено на изучении опыта полива по проточным бороздам хлопчатника в передовых хозяйствах Узбекистана и Киргизии в Ферганской долине.

Передовая технология полива хлопчатника и разработанная к ней методика расчета элементов техники полива по проточным бороздам может быть использована для расчетов поливных устройств и рекомендо-

вана для их применения в любых условиях орошаемого земледелия, где целесообразен полив пропашных культур по проточным бороздам. Основные положения технологии полива, очевидно, должны быть, соотносясь с местными условиями и требованиями, несколько видоизменены, а для расчета значений элементов техники полива на основе полевых исследований должны быть определены новые значения параметров и коэффициентов к математическим зависимостям разработанной теории. Методика проведения полевых исследований может быть принята, ориентируясь на рекомендации Н. Т. Лактаева [11], а приборы и приспособления для полевых исследований — конструкции авторов [1, 5].

ЛИТЕРАТУРА

1. Авербух Р. М. Автомат-регулятор и стабилизатор для подачи воды в поливные борозды. Экспресс-информация, серия 1, вып. 5. М., Изд. ЦБНТИ Милмелиноводхоза СССР, 1972.
2. Алиев И. Г., Бончковский Н. Ф. Определение оптимальных элементов техники полива по бороздам. Труды ВНИИМТП, Коломна, 1970.
3. Ахмедов Х. А. Основные вопросы орошения и улучшения водопользования. Ташкент, «Узбекистан», 1973.
4. Валентини Л. А. Методические указания по составлению генеральных схем переустройства внутрихозяйственных гидромелиоративных систем. КиргизИНТИ, Фрунзе, 1967.
5. Валентини Л. А., Авербух Р. М. Новый инвентарь для полива по бороздам. «Хлопководство», 1974, № 6.
6. Духовный В., Бозуевский И. Полив по постоянным участкам. «Хлопководство», 1975, № 5.
7. Еременко В. Е. Режим орошения и техника полива хлопчатника. АН Уз. ССР, Ташкент, 1957.
8. Камбаров Б. Ф. Техника полива по бороздам в условиях предгорий Узбекистана. В сб.: «Техника полива сельскохозяйственных культур». М., «Колос», 1972.
9. Костяков А. Н. Основы мелиорации. М., Сельхозгиз, 1960.
10. Кривовяз С. М. Методические указания по расчету техники полива (для хлопковой зоны). Средазгипроводхлопок, Ташкент, 1963.
11. Лактаев Н. Т. Проект методических указаний для проведения полевых опытов по изучению техники бороздкового полива, камеральной обработке результатов и обоснование этих результатов. Ташкент, «Наука», 1965.
12. Ляпин А. Н., Челюканов М. Д. Изучение техники полива по бороздам (методические указания). Ташкент, 1965.
13. Методы агрохимических, агрофизических и микробиологических исследований в поливных хлопковых районах. СоюзНИХИ, Ташкент, Объединенное издательство, 1963.
14. Носенко В. Ф. Особенности и пути улучшения техники полива пропашных культур в предгорьях Казахстана. Автореф. канд. дисс., ВНИИГиМ, 1962.
15. Романов В. М. [и др.]. Методические указания по районированию в целях наиболее целесообразных способов и техники полива. ВНИИГиМ, М., 1968.

16. Рыжов С. Н. Орошение хлопчатника в Ферганской долине. Ташкент, АН Уз. ССР, 1948.
17. Типовые нормы выработки и расценки на поверхностный полив хлопчатника (проект). М., ЦНИБ Минмелиоводхоза СССР, 1967.
18. Типовая методика определения экономической эффективности капитальных вложений. М., «Экономика», 1969.
19. Чичасов В. Я., Изюмов В. В., Носенко В. Ф., Штоколов Д. А. Техника полива сельскохозяйственных культур. М., «Колос», 1970.
20. Шейнкин Г. Ю. Техника и организация орошения в Таджикистане. Душанбе, «Ирфон», 1970.
21. Шумаков Б. Б. Насосные дождевальные установки и техника полива. М., «Высшая школа», 1973.
22. Юлдашев С. Х., Ибрагимов Г. А. Двухстрочные посевы. «Хлопководство», 1975, № 3.
23. Юсупов Т. Ю., Коваленко Б. Г., Гаранина А. С. Об экономически наиболее выгодной длине поливных борозд. Труды КиргНИИВХ, вып. 15. Фрунзе, «Кыргызстан», 1969.

Содержание

Полив пропашных культур по проточным бороздам . . .	5
Условия и агротехнические требования проведения полива хлопчатника в предгорной зоне орошения Ферганской долины . . .	5
Водопользование и организация проведения полива по проточным бороздам . . .	15
Расчет стоимости орошения гектара плантаций пропашных культур при поливе по бороздам с помощью полиэтиленовых салфеток (эталонный способ) и экономическая эффективность внедрения новой поливной техники . . .	23
Теория и методика расчета элементов техники полива по проточным бороздам . . .	32
Вопросы теории работы поливной борозды . . .	32
Порядок расчета и рекомендации к нему . . .	41
Пример и алгоритм к программе для ЭВМ расчета элементов техники полива по проточным бороздам (разработан при помощи кандидата физико-математических наук Б. А. Сидристого) . . .	49
Оптимальная длина поливных борозд . . .	61
Литература . . .	69

БИБЛИОТЕЧНАЯ СЕРИЯ

Леонид Артурович Валентини,
Раиса Марковна Авербух

**СИСТЕМА ПОЛИВА ПРОПАШНЫХ КУЛЬТУР
ПО ПРОТОЧНЫМ БОРОЗДАМ
И МЕТОДИКА РАСЧЕТА ЕГО ЭЛЕМЕНТОВ**

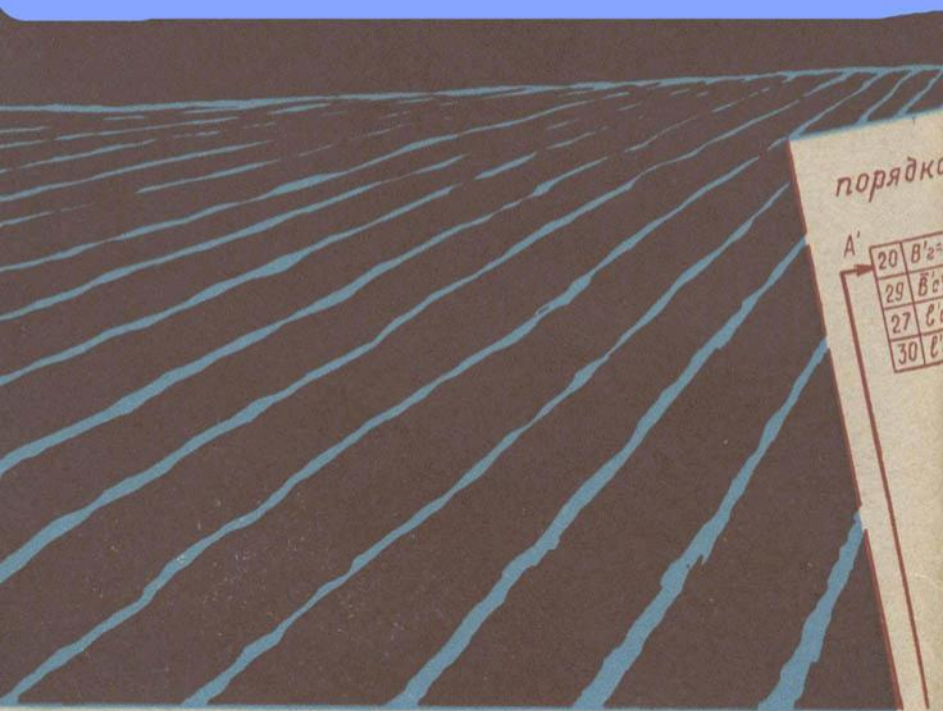
Редактор Г. С. Бабинцева
Художник В. П. Жуков
Художественный редактор Н. С. Таринов
Технический редактор Р. Ревенко
Корректор Б. Калыгулова

Сдано в набор 9/IV-1976 г. Подписано к печати 9/VI-1976 г. Д-00099.
Бумага типографская № 3, формат 84×108¹/₃₂, 2,25 физич. печ. л., 3,78
условн. печ. л., 3,03 учет.-изд. л. Тираж 1000. Заказ № 2220. Цена 9 к.

720737, ГСП, г. Фрунзе, 1, ул. Советская, 170,

издательство «Кыргызстан»

720461, ГСП, Фрунзе, 5, ул. Жигулёвская, 102, Киргизполиграфкомбинат
им. 50-летия Кыргызской ССР Госкомиздата Кыргызской ССР,



порядк

A'

20	B'2
29	B'2
27	C'
30	C'

Фрунзе 1976