

**Среднеазиатский научно-исследовательский институт
ирригации им.В.Д.Журина
(САНИИРИ им.В.Д.Журина)**

ПРОГРАММА ДЛЯ ЭВМ

S I R S A N - II

**ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ РАСЧЕТА
ЭЛЕМЕНТОВ ТЕХНИКИ ПОЛИВА ПО
СКВОЗНЫМ БОРОЗДАМ**

РУКОВОДСТВО ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ

ПРАВООБЛАДАТЕЛЬ:

Среднеазиатский научно-исследовательский институт ирригации им.В.Д.Журина
(САНИИРИ им.В.Д.Журина)

АВТОРЫ:

Хорст Михаил Георгиевич, гражданин Республики Узбекистан, зав. Отделом
«Техника полива» САНИИРИ им.В.Д.Журина

Солодкий Георгий Федорович, гражданин Республики Узбекистан, ведущий
научный сотрудник Отдела «Техника полива» САНИИРИ им.В.Д.Журина

ТАШКЕНТ-2007

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1 ПОРЯДОК УСТАНОВКИ ПРОГРАММЫ НА КОМПЬЮТЕР ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ	3
2 КРАТКИЙ СЦЕНАРИЙ РАБОТЫ С МОДЕЛЬЮ SIRSAN-II	4
3 ГЛАВНОЕ МЕНЮ	5
4 БЛОК ВВОД ОБЪЕКТОВ	6
4.1 Ввод данных АВП	6
4.2 Ввод данных хозяйства	9
4.3 Ввод контуров орошения	9
4.4 Ввод данных поля	11
5 БЛОК ТЕХНИКА ПОЛИВА	17
5.1 Выбор полей и ввод исходной информации для расчета элементов техники полива по бороздам	17
5.2 Расчет элементов техники полива по бороздам	19
5.3 Оценка и анализ результатов расчета элементов техники полива	21
5.4 Отчет	22
5.5 Завершение сеанса работы с программой SIRSAN-II	23
6 АЛГОРИТМ РАСЧЕТА ЭЛЕМЕНТОВ ТЕХНИКИ ПОЛИВА ПО СКВОЗНЫМ БОРОЗДАМ ПРИ ПОЛИВЕ ПОСТОЯННОЙ СТРУЕЙ (реализуемый в модели SIRSAN-II)	24
6.1 Основные положения	24
6.2 Исходные параметры	25
6.3 Последовательность расчетов	28
6.3.1 <i>Первый этап - Расчет эффективного времени впитывания</i>	28
6.3.2 <i>Второй этап - Стандартизация длительности водоподачи в борозды</i>	29
6.3.3 <i>Третий этап – Оценка увлажнения по длине борозды</i>	33
6.3.4 <i>Четвертый этап – Оценка характеристик полива по бороздам</i>	34
6.4 Дополнительные условия	36
6.4.1 <i>Параметры инфильтрации бороздкового полива</i>	36
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	38
ПРИЛОЖЕНИЕ А Рекомендуемые диапазоны выбора исходных параметров для расчета элементов техники полива по сквозным бороздам	39
ПРИЛОЖЕНИЕ В Пример построения траекторий «добег-спад» и эпюры увлажнения по длине борозды (по данным отчета в формате EXCEL)	41

ВВЕДЕНИЕ

Программа **SIRSAN -II (версия 02)** так же, как и известные зарубежные модели **SIRMOD**¹ и **SRFR**² - является одномерной математической моделью для анализа поверхностного полива по сквозным бороздам, т.е. инструментом для предсказания. При использовании модели пользователь задает значения параметров, влияющих на полив (поливная норма, геометрия борозд, гидравлическая шероховатость, параметры инфильтрации, продолжительность водоподачи), а модель предсказывает необходимый расход водоподачи, продольное распределение увлажнения, объем поверхностного и глубинного сбросов и характеристики эффективности и равномерности.

Специфическими отличиями **SIRSAN - II** является то, что в этой модели реализуется принцип стандартизации длительности водоподачи в борозды с тем, чтобы увязать организацию полива отдельной поливной делянки/поля с организацией орошения в крупном орошаемом контуре. Исходя из этого, при требуемой поливной норме и соответствующей ей рассчитываемой длительности её впитывания определяется (а не задается, как в моделях **SIRMOD** и **SRFR**) расход водоподачи в борозду в зависимости от задаваемой пользователем длительности водоподачи из стандартного ряда длительностей. Ряд всплывающих подсказок даёт возможность пользователю сузить область поиска наиболее эффективных решений для конкретных условий объекта. В отличие от **SIRMOD** и **SRFR** (таблица) в модели учтены специфические условия объектов Центральной Азии и разработки ведущих ученых, занимавшихся проблемами поверхностного полива.

Интерфейс программы способствует организации дружественного диалога с пользователем и быстрому освоению приемов работы с ней.

Таблица – Ориентация моделей **SIRMOD**, **SRFR** и **SIRSAN-II** (версия 02) на уровень пользователей

Модель	Уровень пользователей
SRFR	Узко-профессиональный. Научные сотрудники, занимающиеся проблемами поверхностного полива
SIRMOD	Высокий. Научные сотрудники, занимающиеся проблемами поверхностного полива, проектировщики высоких категорий.
SIRSAN (версия 02)	Средний. Проектировщики. Студенты гидро-мелиоративных специальностей, Специалисты АВП - для принятия решений в практической деятельности при организации водосберегающего орошения.

ПОРЯДОК УСТАНОВКИ ПРОГРАММЫ НА КОМПЬЮТЕР ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ

Выполненная в среде ACCESS-2000 на языке программирования VBA имитационная модель **SIRSAN-II (версия 02)** записана для компьютеров с операционной системой WINDOWS-98 и выше с установленным на компьютере Пользователя Microsoft Office 2003 2007.

Имитационная модель **SIRSAN-II** распространяется на CD дисках. После получения CD диска рекомендуется сделать резервную копию. **SIRSAN-II** не защищена от

¹ Университет штата Юта (США), Логан, UT 84322-9300, 1989 год.

² Департамент сельского хозяйства Соединенных Штатов Америки, Научно-исследовательская сельскохозяйственная служба, Лаборатория охраны водных ресурсов США, 1993.

копирования, поэтому создание резервной копии производится стандартными средствами.

Дистрибутивный диск содержит основную папку программы - SVODSIRSAN-2.

В составе этой основной папки следующие файлы:

- SIRSAN-II.mde – собственно программа
- OUT - для сохранения отчетов в формате EXCEL
- SYSTEM32
- Копии документов к SIRSAN-II.
-

***ВНИМАНИЕ!!!** Перед инсталляцией Пользователь должен убедиться в наличии на его компьютере программы Microsoft Office в версии не ранее 2003 г.*

При инсталляции предлагается выполнить следующий состав действий:

1. Вставить CD диск в дисковод и через ПРОВОДНИК открыть его
2. Скопировать папку SVODSIRSAN-2, предварительно выбрав в каталоге файлов путь копирования
3. Переписать содержимое папки SYSTEM32 (два файла в формате.OCX) в [WINDOWS\SYSTEM32](#) (при наличии копируемых файлов по указанному пути рекомендуется все-таки завершить копирование с заменой существующих файлов новыми).
4. Создать ярлык для программы SIRSAN-II.mde и поместить его на «Рабочий стол»
5. Завершив таким образом инсталляцию, можно запустить программу в работу.

2 КРАТКИЙ СЦЕНАРИЙ РАБОТЫ С МОДЕЛЬЮ SIRSAN-II

Сценарий работы с моделью предусматривает следующие основные действия:

1. Старт программы с использованием её ярлыка на рабочем столе.
2. После появления на экране монитора заставки с авторской информацией о программе SIRSAN-II (Рис.2.1) и установки курсора в поле заставки щелчком по кнопке мыши вход в **ГЛАВНОЕ МЕНЮ** программы (Рис.2.2)
3. Создание/выбор объектов обработки, с использованием установочных форм **ВВОД ДАННЫХ АВП, ВВОД ДАННЫХ ХОЗЯЙСТВ, ВВОД ДАННЫХ КОНТУРА** и основной формы создания объектов обработки – **ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ (ввод данных поля)**.
4. Выбор объектов и формирование вариантов расчета в форме **ВЫБОР ОБЪЕКТОВ ОБРАБОТКИ**.
5. Формирование списка подготовленных для расчета полей и вариантов в форме **РАСЧЕТ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕХНИКИ ПОЛИВА** для выбранной группы полей и непосредственный переход к расчетам.
6. Ознакомление с графической и табличной интерпретациями результатов расчета в форме **ГРАФИКИ** и экспорт при необходимости результатов в форматы **EXCEL**.
7. Формирование списка результатов расчета в форме **РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА элементов техники полива** с возможностью просмотра и выдачи на печать выбранных из этого списка отчетов, экспорта их в форматы **EXCEL** или удаления ненужных отчетов.



Рис. 2.1 – Авторская информация о программе SI RSAN-II



Рис.2.2 - ГЛАВНОЕ МЕНЮ программы SIRSAN-II

3 ГЛАВНОЕ МЕНЮ

ГЛАВНОЕ МЕНЮ содержит два блока управляющих элементов:

- **ВВОД ОБЪЕКТОВ**
- **ТЕХНИКА ПОЛИВА** .

Предусматривается следующая иерархическая структура объектов обработки: АВП – ХОЗЯЙСТВО – КОНТУР ОРОШЕНИЯ – ПОЛЕ. На уровне ПОЛЯ единичным элементом является типичная для ПОЛЯ - борозда.

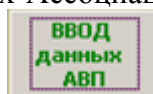
ГЛАВНОЕ МЕНЮ будет появляться при последующих возвратах к этому уровню программы, т.е. при каждом выходе из описываемых далее форм: **ВВОД ДАННЫХ АВП, ВВОД ДАННЫХ ХОЗЯЙСТВ, ВВОД ДАННЫХ КОНТУРА, ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ (ввод данных поля), ВЫБОР ОБЪЕКТОВ ОБРАБОТКИ, РАСЧЕТ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕХНИКИ ПОЛИВА** для выбранной группы полей, **ГРАФИКИ** и **РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА** элементов техники полива.

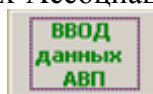
4 БЛОК ВВОД ОБЪЕКТОВ



Этот блок предусматривает идентификацию объектов, для которых производятся расчеты и оценки на всех четырех уровнях АВП – ХОЗЯЙСТВО – КОНТУР ОРОШЕНИЯ – ПОЛЕ. Это идентификация может быть использована в дальнейшем при обработке данных множества полей с различным территориальным расположением и административной принадлежностью и при коммутировании модели с базами данных других программ. Таким образом, вводя последовательно информацию в этом блоке, Пользователь формирует собственную Базу Данных модели с необходимыми исходными данными для последующих расчетов и оценок в блоке **ТЕХНИКА ПОЛИВА**. Информация по первым трём уровням АВП – ХОЗЯЙСТВО – КОНТУР ОРОШЕНИЯ, относится к так называемой «региональной информации», которая может быть полезной при коммутировании модели с другими моделями регионального уровня.

4.1 Ввод данных АВП

- Для ввода данных, идентифицирующих Ассоциацию Водопользователей (АВП),



необходимо подвести курсор к кнопке  и щелчком по левой кнопке мыши открыть форму **ВВОД АВП** (Рис. 4.1).

- В открывающемся окне в строке РЕСПУБЛИКА пользователь может щелчком по кнопке  ввести название любой из пяти республик Центральной Азии. В колонке ОБЛАСТЬ, соответственно выбранной республике, при щелчке по кнопке  появляется список областей данной республики, расположенных в бассейне Аральского моря, из которого пользователь может выбрать область расположения АВП, затем в колонке РАЙОН из списка районов выбранной области выбрать район расположения АВП (Рис.4.2). Затем можно ввести название АВП (Рис.4.3).



Например: Пользователь выбрал республику **Узбекистан**. При этом выборе при щелчке по кнопке  ниже «белого» поля колонки ОБЛАСТЬ появляется список областей Узбекистана. Перемещаясь по этому списку с помощью курсора, Пользователь выбрал область – **Ферганская**. Щелчком установил в колонке ОБЛАСТЬ название. По умолчанию в колонке РАЙОН появляется название одного из районов Ферганской области в алфавитном порядке. После щелчка по кнопке  появляется список районов Ферганской области. Перемещая курсор по этому списку, Пользователь выбирает нужный район и щелчком устанавливает его в окошке колонки РАЙОН. Пользователь выбрал район – **Ахунбабаевский**. В колонке АВП появляется список ранее введенных АВП этого района или Пользователь может выбрать или ввести название любого нового АВП.



Рис.4.1 - Форма **ВВОД АВП** в режиме «выбор наименования РЕСПУБЛИКИ и ОБЛАСТИ»

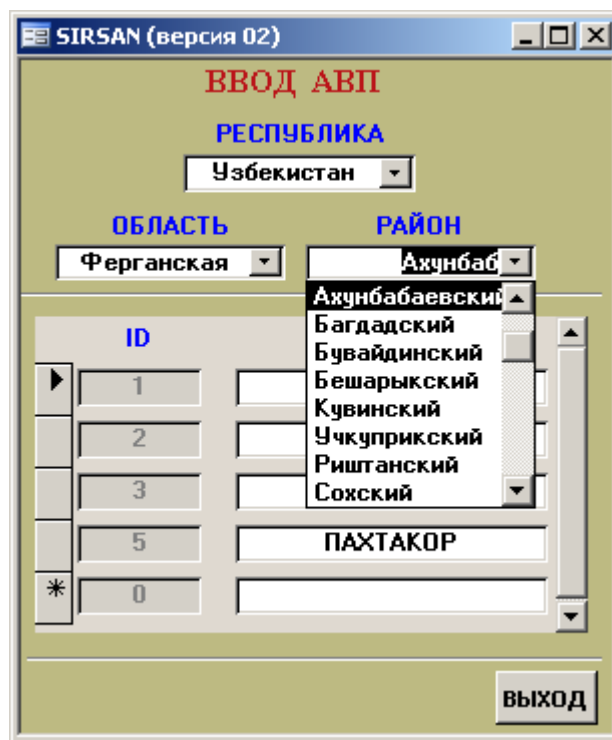


Рис.4.2 - Форма **ВВОД АВП** в режиме «выбор наименования РАЙОНА»



Рис.4.3 - Форма **ВВОД АВП** в режиме «ввод наименования АВП»

- Для сохранения введенной информации в Базе Данных модели и закрытия формы **ВВОД АВП** необходимо подвести курсор к кнопке **ВЫХОД** и щелчком по левой кнопке мыши возвратиться **ГЛАВНОЕ МЕНЮ** (Рис.2.2).

Возможен вариант, что Пользователю необходимо ввести название ОБЛАСТИ, не содержащейся в списке Базы Данных модели.



- Если необходимо ввести название области, не содержащейся в этом списке, то нажатия на кнопку  не требуется. В этом случае курсор устанавливается в белое поле колонки ОБЛАСТЬ (Рис.4.4) и двойным щелчком открывается список областей республики (Рис.4.5). В последней строке этого списка Пользователь вносит своё, отличное от приведенных в списке название и присваивает код ID, основной Базы Данных.

Рис.4.4 – Форма **ВВОД АВП** в режиме «ввод наименования новой ОБЛАСТИ»

ID	Наименование
1710	Кашкадарьинская
1712	Навоинская
1714	Наманганская
1718	Самаркандская
1722	Сурхандарьинская
1724	Сырдарьинская
1727	Ташкентская
1730	Ферганская
1733	Хорезмская
1735	Каракалпакстан
*	0

Рис.4.5 – Список областей в режиме «ввод наименования новой ОБЛАСТИ»

Возможен вариант, что Пользователю необходимо ввести название РАЙОНА, не содержащегося в списке Базы Данных модели по выбранной области.

- Если необходимо ввести название района, не содержащегося в списке районов по выбранной области, то нажатия на кнопку  не требуется. В этом случае курсор устанавливается в поле колонки РАЙОН (Рис.4.3) и двойным щелчком открывается список районов выбранной области (Рис.4.6). В последней строке этого списка Пользователь вносит своё, отличное от приведенных в списке, название и присваивает код ID основной Базы Данных.

ID	Наименование
1730226	Сохский
1730227	Ташлакский
1730230	Узбекистанский
1730231	Фуркатский
1730233	Ферганский
1730236	Дангаринский
1730242	Язьяванский
1730408	Кувасайский
*	0

Рис.4.6 – Список районов в режиме «ввод наименования нового РАЙОНА»

- Затем для сохранения введенной информации об АВП в Базе Данных модели и закрытия формы **ВВОД АВП** необходимо подвести курсор к кнопке **ВЫХОД** и щелчком по левой кнопке мыши возвратиться в **ГЛАВНОЕ МЕНЮ**.

4.2 Ввод данных хозяйства



- Для ввода данных идентифицирующих хозяйство необходимо щелкнуть по кнопке **ВВОД данных ХОЗЯЙСТВА** (Рис. 2.2).
- После появления формы **ВВОД ХОЗЯЙСТВА** (Рис. 4.7), в «пустой» строке, помеченной * с помощью кнопки , выбрать название соответствующего АВП из всплывающего списка АВП (Рис. 4.8), (при большом списке АВП передвигаться по колонке АВП можно с помощью «движка» Рис.4.9) и против значка  в колонке *Наименование хозяйства* - против названия АВП ввести наименование нового хозяйства в правый столбец, предварительно установив курсор в «белое» поле этого столбца.
- Для сохранения введенной информации и закрытия формы «ВВОД ХОЗЯЙСТВА» необходимо подвести курсор к кнопке **ВЫХОД** и щелчком по левой кнопке мыши возвратиться в **ГЛАВНОЕ МЕНЮ**.

Рис.4.7 – Форма **ВВОД ХОЗЯЙСТВА** в режиме «ввод наименования нового ХОЗЯЙСТВА»

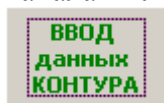
Рис.4.8 – Форма **ВВОД ХОЗЯЙСТВА** в режиме «выбор наименования АВП из списка»



Рис.4.9 – «Двигжок»






4.3 Ввод контуров орошения

- Для ввода данных, идентифицирующих контур орошения, т.е. единицу водопользования в данном хозяйстве (наименование канала, из которого орошается контур орошения, пропускная способность канала, орошаемая из этого канала площадь в данном хозяйстве) необходимо щелкнуть по кнопке



(Рис.2.2).

- После появления формы **ВВОД КОНТУРОВ ОРОШЕНИЯ** (Рис. 4.10), в колонке «АВП» с помощью кнопки  выбрать соответствующее АВП (например: *Пользователь выбрал АВП НИЯЗОВ*) (Рис. 4.11).

- Далее, щелчком по кнопке  из всплывающего списка хозяйств, выбрать хозяйство (например: *Пользователь выбрал хозяйство ДЕМО.1*),
- Для того, чтобы ввести наименование иного, не содержащегося в списке канала (Рис.4.12), необходимо установить курсор против значка  в колонке *КАНАЛ* (Рис.4.13) и двойным щелчком войти в список каналов (Рис.4.14)
- В списке каналов (Рис.4.14) в строке против значка  необходимо ввести наименование нового канала и его пропускную способность (в м³/с). После этого щелчком по кнопке  возвратиться в форму **ВВОД КОНТУРОВ ОРОШЕНИЯ** (Рис.4.12), и ввести в крайний правый столбец орошаемую площадь (в га) в данном хозяйстве из данного канала.
- В завершении необходимо закрыть форму **ВВОД КОНТУРОВ ОРОШЕНИЯ** щелчком по кнопке  и возвратиться в **ГЛАВНОЕ МЕНЮ** (Рис.2.2).

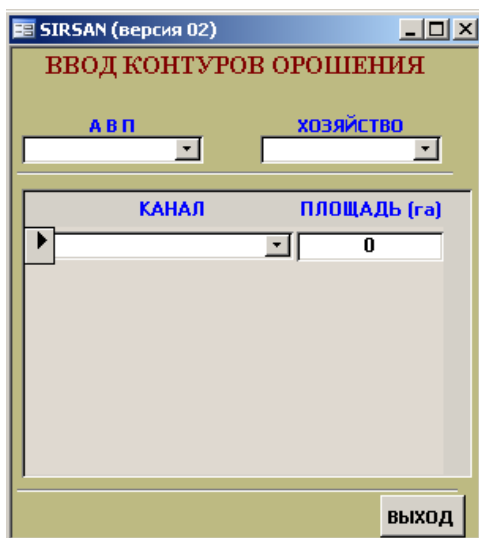


Рис. 4.10 – Форма **ВВОД КОНТУРОВ ОРОШЕНИЯ** в режиме «выбор и ввод информации о контуре орошения»

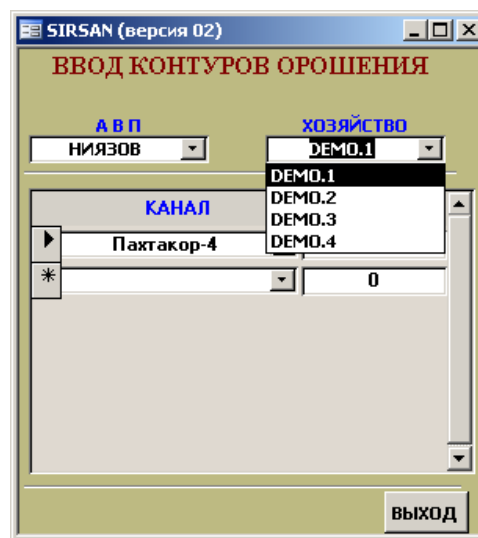


Рис. 4.11 – Форма **ВВОД КОНТУРОВ ОРОШЕНИЯ** в режиме «выбор АВП и ХОЗЯЙСТВА»

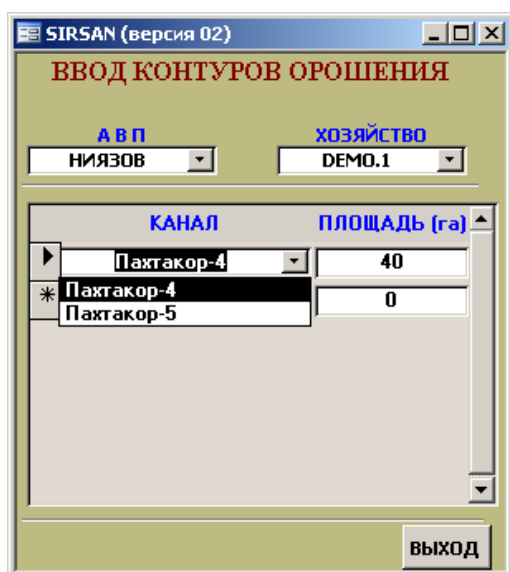


Рис. 4.12 – Форма **ВВОД КОНТУРОВ ОРОШЕНИЯ** в режиме «выбор КАНАЛА»

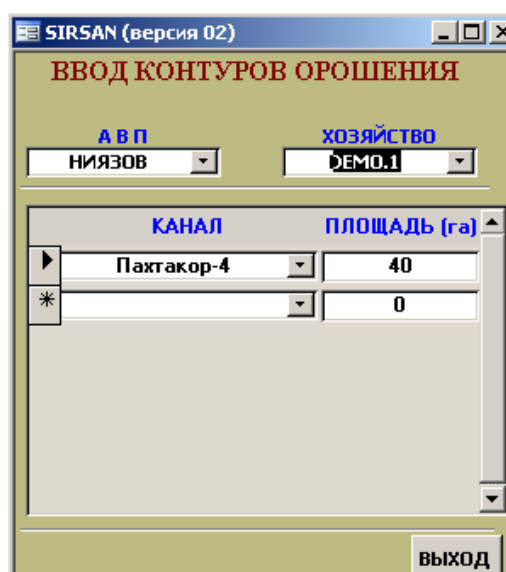


Рис. 4.13 – Форма **ВВОД КОНТУРОВ ОРОШЕНИЯ** в режиме «ввод ПЛОЩАДИ орошения»

КАНАЛ	Qmax [м ³ /с]
Пахтакор-4	0.5
Пахтакор-5	0.4
*	0

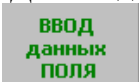
Рис. 4.14 – Список каналов в режиме «ввод наименования и пропускной способности КАНАЛА»

4.4 Ввод данных поля

Основная информация, необходимая для дальнейших расчетов элементов техники полива и оценок характеристик, содержится в форме **ВВОД ДАННЫХ ПОЛЯ**. Условно постоянная информация, характеризующая ПОЛЕ, это:

- Тип водопроницаемости почвогрунтов
- Параметры инфильтрации почвогрунтов
- Орошаемая площадь данного поля (га)
- Расстояние между нарезаемыми бороздами (м)
- Продольный уклон поля в направлении полива (м)
- Длина борозды (м)
- Коэффициент гидравлической шероховатости
- Тип поперечного сечения потока в бороздее.

Для ввода данных идентифицирующих орошаемое поле, необходимо щелкнуть по кнопке



(Рис.2.2).


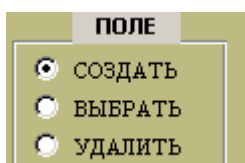
- После появления формы **ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ** поля (Рис. 4.15), в строке АВП с помощью кнопки  необходимо выбрать соответствующую АВП, хозяйство, орошаемый контур, в пределах которого будут введены новые или выбраны орошаемые поля (например: АВП - **НИЯЗОВА**, хозяйство – **ДЕМО.4**, контур орошения - **1**)

Рис. 4.15 – Форма **ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ** в режиме «выбор АВП, ХОЗЯЙСТВА, КОНТУРА» (по команде СОЗДАТЬ)



- В боксе ПОЛЕ содержатся следующие варианты команд: СОЗДАТЬ, ВЫБРАТЬ, УДАЛИТЬ
- Ввод нового поля обеспечивается командой СОЗДАТЬ, в расположенное ниже надписи СОЗДАТЬ окошко: необходимо ввести имя поля (например: **D4**). (Рис.4.16) и нажатием кнопки **Enter** ввести его в память.

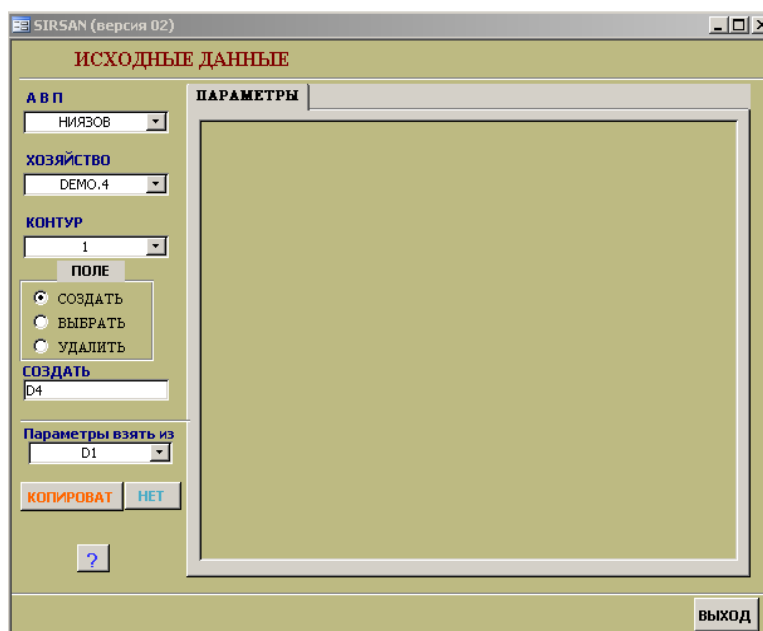


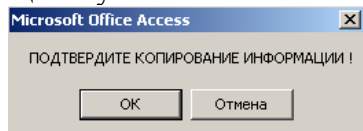
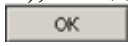


Рис. 4.16 – Форма **ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ** в режиме «СОЗДАТЬ новое поле»

- Возможны два варианта: либо Пользователь в качестве исходных предпочтет использовать информацию уже существующего поля, либо предпочтет ввести специфическую информацию совершенно нового поля.

При решении использования информации существующего поля необходимо воспользоваться строкой  (Рис.4.16). Далее с помощью кнопки  выбрать поле из списка полей, содержащихся в Базе Данных модели с условно постоянной информацией для этого поля информацией (например: **D1**). Затем щелкнуть по кнопке **КОПИРОВАТЬ**, при появлении сообщения



(Рис.4.17), подтвердить решение о копировании информации щелчком по кнопке . В правом окне при этом появится информация из Базы Данных модели для поля (например: **D1**)³ (Рис.4.18).

³ Используя информацию поля из Базы Данных модели (например: **D1**), как матрицу, Пользователь может откорректировать/заменить информацию в строках по своему усмотрению.

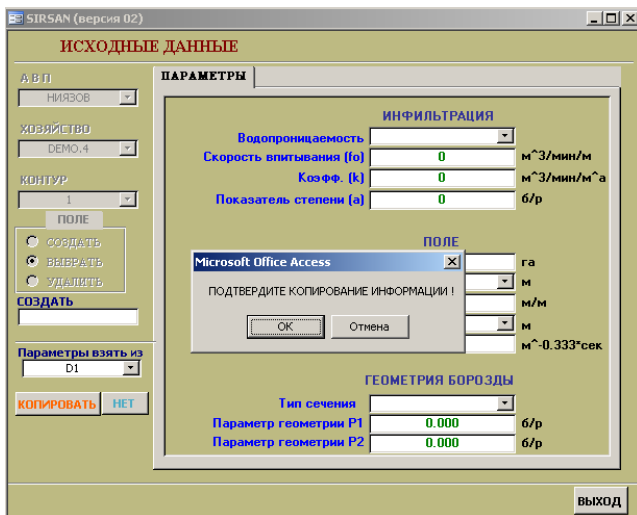


Рис. 4.17 – Форма **ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ** в режиме «СОЗДАТЬ новое поле путем копирования информации существующего поля»

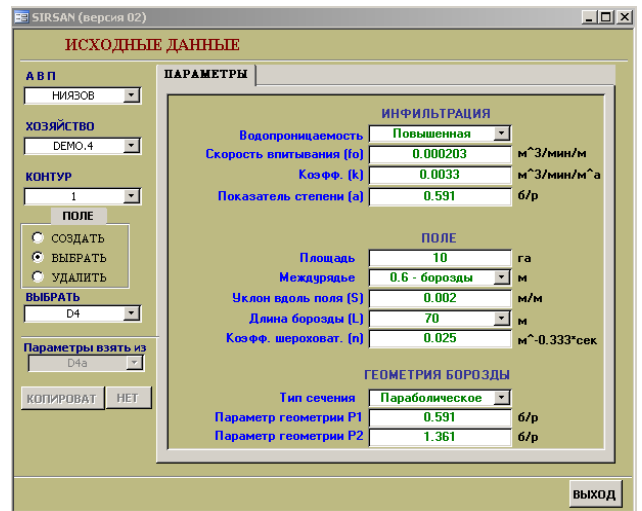


Рис. 4.18 – Форма **ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ** в режиме «СОЗДАТЬ» при использовании информации существующего поля»

- Если Пользователь предпочтет ввести специфическую информацию совершенно нового поля, т.е. отказаться от копирования, то необходимо щелчком по кнопке **НЕТ** перейти к вводу специфической информации, характеризующей новое поле (Рис.4.19). Одновременно в правой части формы на вкладке ПАРАМЕТРЫ открываются окошки для ввода параметров нового поля. Пользователь может ввести эти параметры по своему усмотрению последовательно заполняя необходимой информацией строки в правой части формы (рис.4.19).

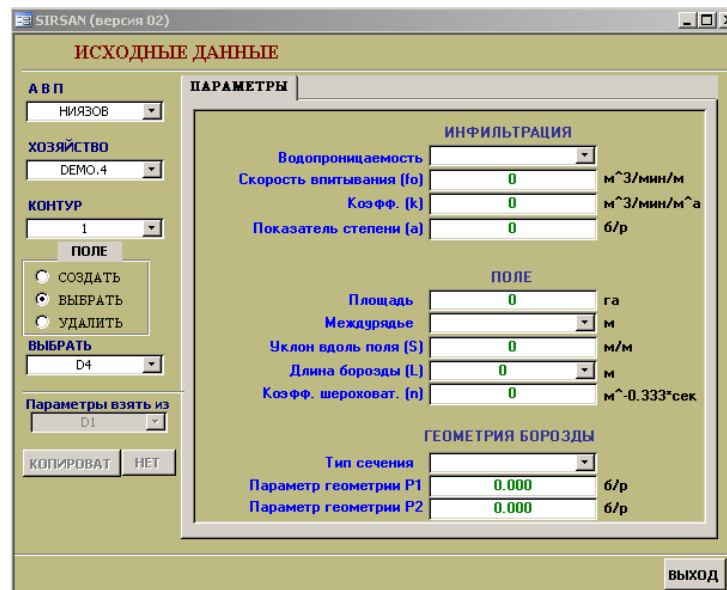



Рис. 4.19 – Форма **ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ** в режиме «СОЗДАТЬ при отказе от копирования и переходе к вводу специфической информации нового поля»

- Начинать ввод информации необходимо с ввода типа водопроницаемости почвогрунтов. Для этого с помощью кнопки  открывается список типов водопроницаемости почвогрунтов в строке Водопроницаемость (бOX ИНФИЛЬТРАЦИЯ) (Рис.4.20) и выбирается соответствующий данному полю тип водопроницаемости (например: *средняя*). При этом по умолчанию будут установлены соответствующие этой водопроницаемости табличные значения

параметров инфильтрации⁴. Если пользователь использует параметры инфильтрации, определенные непосредственно по данным пробных поливов, то необходимо щелчком по строке **Свободный ввод** в списке типов водопроницаемости (Рис.4.21) войти в бокс ИНФИЛЬТРАЦИЯ и ввести определенные пользователем из пробных поливов параметры инфильтрации: f_0 , k и a .

Рис. 4.20 – Фрагмент формы **ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ** в режиме «выбор типа водопроницаемости почвогрунта»

Рис. 4.21 – Фрагмент формы **ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ** в режиме «свободный (прямой) ввод параметров инфильтрации почвогрунта»

- Справочную информацию по рекомендуемым междурядьям, диапазонам длин борозд и др. в зависимости от водопроницаемости почвогрунтов и уклонов в направлении поливов Пользователь может прочитать во всплывающей подсказке. Это подсказка появляется после щелчка по кнопке . Во всплывающей подсказке (ПРИЛОЖЕНИЕ А) содержится информация по типам водопроницаемости почвогрунтов:
 - низкой (мехсостав – Глина)
 - пониженной (мехсостав – Тяжелый Суглинок)
 - средней (мехсостав – Средний Суглинок)
 - повышенной (мехсостав – Легкий Суглинок, Супесь)
 - высокой (мехсостав – Супесь, Песчаные).
- Выбрав тот или иной тип водопроницаемости из списка, открывающегося щелчком по кнопке (Рис.4.22), установив курсор против выбранной водопроницаемости и щелкнув по этому названию, Пользователь может ознакомиться со справочной информацией, относящейся к данному типу водопроницаемости (Приложение 1). Затем щелчком по кнопке Пользователь закрывает всплывающую подсказку и возвращается в форму **ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ**. *Например: выбрав тип водопроницаемости – средняя (мехсостав – Средний Суглинок) Пользователь может ознакомиться со справочной таблицей по этому типу водопроницаемости (Рис.4.23).*



⁴ Табличные значения параметров инфильтрации получены из данных оценок этих параметров методом «залива площадок». Модель пересчитывает эти значения применительно к конкретным, рассчитываемым далее единичным расходам и геометрии сечений (см.6.4.1). Более обоснованно эти параметры определяются из пробных поливов, при соответствующей предполивной влажности почвогрунта.

Параметры		Единицы измерения	Уклоны (м/м)		
			малые	средние	большие
Длина	L	м	200...400	100...400	100...200
Расстояние между поливаемыми бороздами	d	м	0,9	0,6/0,9	0,6
Поливная норма	$m_{лето}$	м ³ /га	1000...1100	1000...1100	800...900
Длительность водоподдачи	$T_{в-подачи}$	час	48	48	36...48
Диапазон расходов*	q	л/с	0,2...0,4	0,05...0,4	0,05...0,20

Рис. 4.22 – Всплывающая справочная таблица РЕКОМЕНДАЦИИ по ВЫБОРУ ПАРАМЕТРОВ в режиме «список типов водопроницаемости»

Параметры		Единицы измерения	Уклоны (м/м)		
			малые	средние	большие
Длина	L	м	200...400	100...400	100...200
Расстояние между поливаемыми бороздами	d	м	0,9	0,6/0,9	0,6
Поливная норма	$m_{лето}$	м ³ /га	1000...1100	1000...1100	800...900
Длительность водоподдачи	$T_{в-подачи}$	час	48	48	36...48
Диапазон расходов*	q	л/с	0,2...0,4	0,05...0,4	0,05...0,20

Рис. 4.23 – Всплывающая справочная таблица РЕКОМЕНДАЦИИ по ВЫБОРУ ПАРАМЕТРОВ в режиме «справочная таблица для почвогрунтов низкой водопроницаемости»


- В Боксе ПОЛЕ Пользователь вводит информацию об орошаемой площади поля в гектарах.
- Затем вводится междурядье (в метрах), т.е. расстояние между нарезаемыми на этом поле бороздами. Для этого в строке Междурядье необходимо щелчком по кнопке  войти в список типичных междурядий (Рис.4.24), подвести курсор под выбранное Пользователем междурядье и щелчком установить его в строке Междурядье.
- Далее в строку Уклон вдоль поля (S) вводится продольный уклон борозд в направлении полива (в метрах на метр длины)
- Затем в строку Длина борозды (L) вводится длина борозды в метрах. Для этого Пользователь может воспользоваться списком типичных длин борозд (Рис.4.25), щелкнув по кнопке , подведя курсор к выбранной длине борозды и щелкнув по ней. Возможно также прямым вводом установить длину борозды, отличающуюся от приведенных в этом списке.

Площадь	10	га
Междурядье	0.9 - борозды	м
Уклон вдоль поля (S)	0.45 - борозды	м/м
Длина борозды (L)	0.6 - борозды	м
Козфф. шероховат. (n)	0.025	м ^{-0.5}

Рис. 4.24 – Фрагмент формы ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ в режиме «ввод междурядья»


Площадь	10	га
Междурядье	0.9 - борозды	м
Уклон вдоль поля (S)	0.002	м/м
Длина борозды (L)	300	м
Козфф. шероховат. (n)	50 100 200 300 400	м ^{-0.5}

Рис. 4.25 – Фрагмент формы ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ в режиме «ввод длины борозды»

- Затем в строке Козфф. шероховатости (n) вводится коэффициент гидравлической шероховатости ложа борозды. Всплывающая подсказка о диапазоне значений гидравлической шероховатости в зависимости от качества ложа поливной струи (Рис.4.26) появляется сразу после ввода длины борозды. Закрывается эта подсказка щелчком по кнопке .

Качество ложа поливной струи	Козф.шероховатости (n)
Ложе густо покрытое растениями	0.15
Свежевспаханная почва	0.04
Гладкое ложе без больших комков	0.02

Рис. 4.26 – Всплывающая справочная таблица по типичным коэффициентам гидравлической шероховатости

- После ввода всей этой информации в строке **q max в борозду** появляется значение предельного эрозионно-безопасного расхода (л/с) в борозду или на один метр ширины для выбранного Пользователем типа почвогрунта, уклона, междурядья.
- В блоке **ГЕОМЕТРИЯ БОРОЗДЫ** необходимо в зависимости от типа сечения борозд (как правило, оно в процессе полива формируется параболическим) ввести параметры геометрии сечения P1 и P2. Для ввода этих параметров необходимо установить курсор в строку **Тип сечения** и щелчком по кнопке  установить соответствующий тип сечения (Рис.4.27).

ГЕОМЕТРИЯ БОРОЗДЫ

Тип сечения Параболическое

Параметр геометрии P1 Параболическое б/р

Параметр геометрии P2 Трапецидальное б/р

Треугольное

Рис. 4.27–Фрагмент формы **ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ** в режиме «ввод геометрии борозды»

- Таким образом, последовательно вводя информацию по выбранному Пользователем **ПОЛЮ**, производится его полная идентификация. Щелчком по кнопке **ВЫХОД** обеспечивается ввод этой информации, характеризующей **ПОЛЕ** в Базу Данных модели и возврат в **ГЛАВНОЕ МЕНЮ** (Рис.2.2).

ПОЛЕ

СОЗДАТЬ

ВЫБРАТЬ

УДАЛИТЬ

- В режиме **ВЫБРАТЬ**, Пользователь, выбрав предварительно **АВП**, **ХОЗЯЙСТВО**, **КОНТУР**, переходит к выбору одного из полей, имеющих в Базе Данных и относящихся к выбранному хозяйству (Рис. 4.28).

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

А В П
НИЯЗОВ

ХОЗЯЙСТВО
DEMO.1

КОНТУР
1

ПОЛЕ

СОЗДАТЬ

ВЫБРАТЬ

УДАЛИТЬ

ВЫБРАТЬ
D1a

Параметры взять из
D1

КОПИРОВАТ НЕТ

ПАРАМЕТРЫ

ИНФИЛЬТРАЦИЯ

Водопроницаемость Низкая м³/мин/м

Скорость впитывания (fo) 0.00034 м³/мин/м²

Козф. (k) 0.0039 м³/мин/м²

Показатель степени (a) 0.311 б/р

ПОЛЕ

Площадь 10 га

Междурядье 0.9 - борозды м

Уклон вдоль поля (S) 0.002 м/м

Длина борозды (L) 400 м

Козф. шероховат. (n) 0.025 м^{-0.333}сек

ГЕОМЕТРИЯ БОРОЗДЫ

Тип сечения Параболическое б/р

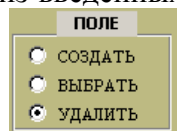
Параметр геометрии P1 0.585 б/р


Параметр геометрии P2 1.366 б/р

ВЫХОД

Рис. 4.28 – Форма **ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ** в режиме «ВЫБРАТЬ при использовании информации, имеющегося в Базе Данных поля»

- Если какое-либо ПОЛЕ из введенных ранее в Базу Данных необходимо удалить,



то в режиме УДАЛИТЬ, открывается список содержащихся в Базе данных ХОЗЯЙСТВ, КОНТУРОВ, ПОЛЕЙ (Рис.4.29), необходимо установить щелчком значок  в строке, содержащей ПОЛЕ подлежащее удалению и нажатием на клавишу «Delete» произвести удаление ПОЛЯ. (Рис. 4.29). Затем необходимо закрыть список полей щелчком по кнопке **ВЫХОД**.

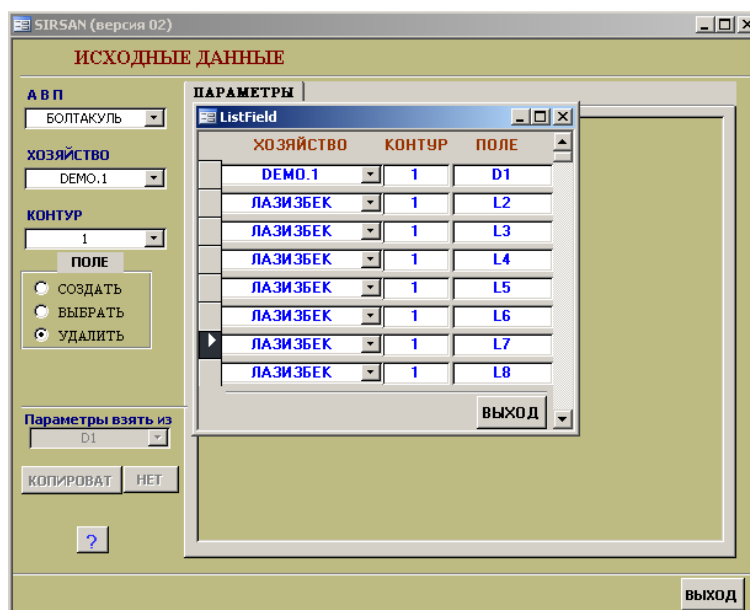


Рис. 4.29 – Форма ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ в режиме «УДАЛИТЬ поле из списка полей имеющихся в Базе Данных»

5 БЛОК ТЕХНИКА ПОЛИВА

Этот блок модели представлен четырьмя формами, отражающими последовательность расчета и представления результатов:

- Выбор полей
- Расчет
- Графики
- Отчет

5.1 Выбор полей и ввод исходной информации для расчета элементов техники полива по бороздам

Вариантный расчет элементов техники полива по бороздам начинается с ввода исходных данных, характеризующих принятый Пользователем вариант для выбранного им ПОЛЯ. Пользователь может варьировать:

- длительность водоподдачи в борозды – $T_{в-поддачи}$ (час)
- поливную норму-нетто – $m_{нетто}$ ($m^3/га$)
- расстояние между поливаемыми бороздами – d (м)

- В форме **ГЛАВНОЕ МЕНЮ** необходимо установить курсор на кнопку **ВЫБОР ПОЛЕЙ** в блоке **ТЕХНИКА ПОЛИВА** и щелчком открыть форму **ВЫБОР ОБЪЕКТОВ ОБРАБОТКИ** (Рис. 2.2).


- В открывшейся форме **ВЫБОР ОБЪЕКТОВ ОБРАБОТКИ** (Рис.5.1) с помощью кнопки  выбрать соответствующие АВП, хозяйство и контур орошения.
- В появившемся списке полей выделить поле, для которого планируется выполнить расчет элементов техники полива по бороздам (Например: Пользователь ввел АВП – Ниязов, Хозяйство – ДЕМО.3, Контур – I, Поле – D3)⁵.

Рис. 5.1 – Форма **ВЫБОР ОБЪЕКТОВ ОБРАБОТКИ** в режиме «выбор ПОЛЯ»




- По умолчанию в окошке **Вариант** появляется порядковый номер варианта расчета для выбранного Пользователем ПОЛЯ.
- Далее с помощью кнопки  выбираются из имеющегося диапазона соответствующие значения в окошке **Длительность водоподачи– Тв-подачи (час)** (Рис.5.2)
- Затем с помощью кнопки  выбираются из имеющегося диапазона соответствующие значения в окошке **Поливная норма m нетто (м³/га)** (Рис.5.3)
- Далее с помощью кнопки  в окошке **Расстояние между поливаемыми бороздами – d (м)** в зависимости от того, вода подается в каждую борозду или через борозду, устанавливается то или иное значение (Рис.5.4).

Рис. 5.2 – Фрагмент формы **ВЫБОР ОБЪЕКТОВ ОБРАБОТКИ** в режиме «ввод длительности водоподачи»

Рис. 5.3 – Фрагмент формы **ВЫБОР ОБЪЕКТОВ ОБРАБОТКИ** в режиме «ввод поливной нормы»

Рис. 5.4 – Фрагмент формы **ВЫБОР ОБЪЕКТОВ ОБРАБОТКИ** в режиме «ввод расстояния между поливными бороздами»

⁵ Расчет элементов техники полива производится в рабочей таблице, для заполнения которой и служит данная форма. Во избежание нагромождения информации в рабочей таблице ее следует перед каждым сеансом работы чистить, щелкнув кнопку «ОЧИСТКА».

- Остальная исходная информация располагается в нижней части формы (Рис.5.5). Со справочной информацией можно ознакомиться по всплывающей подсказке щелкнув по кнопке **?**.
- После последовательного ввода всей перечисленной информации нажатием на кнопку **ВВЕСТИ** осуществляется ввод выбранных поля(ей) и варианта(ов) в таблицу, располагаемую в правой части формы (Рис.5.5)

Рис. 5.5 – Форма **ВЫБОР ОБЪЕКТОВ ОБРАБОТКИ** в режиме «формирование списка выбранных вариантов для последующего расчета»

- Щелчком по кнопке **ВЫХОД** обеспечивается ввод этой информации, характеризующей исходные параметры варианта расчета для выбранного поля в Базу Данных модели и возврат в **ГЛАВНОЕ МЕНЮ** (Рис.2.2).

5.2 Расчет элементов техники полива по бороздам

- Для перехода к расчету элементов техники полива, необходимо щелкнуть по кнопке **РАСЧЕТ** в блоке **ТЕХНИКА ПОЛИВА** (Рис.2.2). На открывшейся форме **РАСЧЕТ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕХНИКИ ПОЛИВА** для **выбранной группы полей** (Рис.5.6) можно просмотреть подготовленные для расчета поля и варианты

А В П	поле	вариант	Тв-подачи		m нетто (м ³ /га)
			час	мин	
НИЯЗОВ	D3c	2	6	360	800
КОНТУР					
1					
ХОЗЯЙСТВО					
ДЕМО.3					

Рис. 5.6 – Форма **РАСЧЕТ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕХНИКИ ПОЛИВА** в режиме «установка требований к расчетам»

- Если Пользователь намерен сохранить результаты расчета в Базе Данных модели, то необходимо предварительно установить флажок в окошке «Результаты расчета переписать в архив» (Рис.5.7)
- Функция пересчета параметров инфильтрации k и f_0 предназначена для того, чтобы варианты расчета, для которых взяты табличные значения параметров инфильтрации (т.е. из определений методом «затопление площадок») отделить от вариантов полива, для которых параметры инфильтрации были определены непосредственно из данных пробных поливов по бороздам.

ВНИМАНИЕ! Для первой группы вариантов (параметры инфильтрации взяты из таблиц) обязательно должен быть установлен флажок в окошке «пересчет k и f_0 » (Рис.5.8)

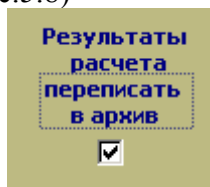


Рис. 5.7 – Фрагмент формы **РАСЧЕТ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕХНИКИ ПОЛИВА** в режиме «установка флажка для сохранения результатов в архиве»

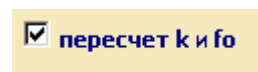


Рис. 5.8 – Фрагмент формы **ВЫБОР ОБЪЕКТОВ ОБРАБОТКИ** в режиме «установка флажка для пересчета табличных значений k и f_0 »

- Остальная информация в этой форме (База решения, ТОЧНОСТЬ РАСЧЕТОВ) является служебной, относящейся к специфике расчетов моделью, выставляется по умолчанию и не требует изменений Пользователем.
- После внесения требуемой информации по подготовленным для расчета элементов техники полива полям можно перейти непосредственно к расчету щелчком по кнопке **РАССЧИТАТЬ**.
- Щелчком по кнопке **ВЫХОД** обеспечивается ввод этой информации для выбранных полей(я) в Базу Данных модели и возврат в **ГЛАВНОЕ МЕНЮ** (Рис.2.2).
- При некоторых сочетаниях параметров **Длина борозды (м)** и **Длительность водоподачи– Т_{в-подачи} (час)** расчет прерывается и выдается сообщение о необходимости изменения одного из этих параметров или обоих (Рис.5.9). В связи

с этим, необходим возврат в формы **ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ** и (или) **ВЫБОР ОБЪЕКТА ОБРАБОТКИ** и корректировка указанных параметров.

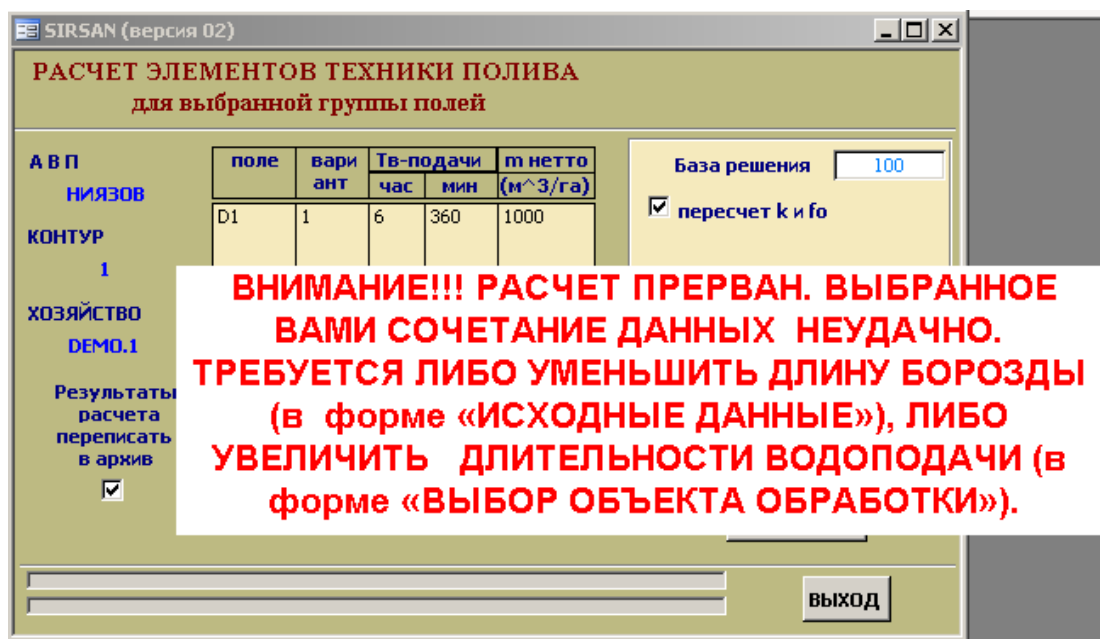


Рис.5.9 – Форма РАСЧЕТ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕХНИКИ ПОЛИВА в режиме «сообщения о прерывании расчета и необходимости корректировки исходных параметров»

5.3 Оценка и анализ результатов расчета элементов техники полива

- Для просмотра результатов расчета элементов техники полива для выбранных полей и вариантов, необходимо щелкнуть по кнопке **ГРАФИКИ** в блоке **ТЕХНИКА ПОЛИВА** (Рис.2.2). В левой части формы **ГРАФИКИ** (Рис.5.10) помещена таблица с результатами расчета и оценок выбранных Пользователем вариантов, в правой части помещены графические изображения траекторий «добег-спад» и эпюра увлажнения по длине борозды.

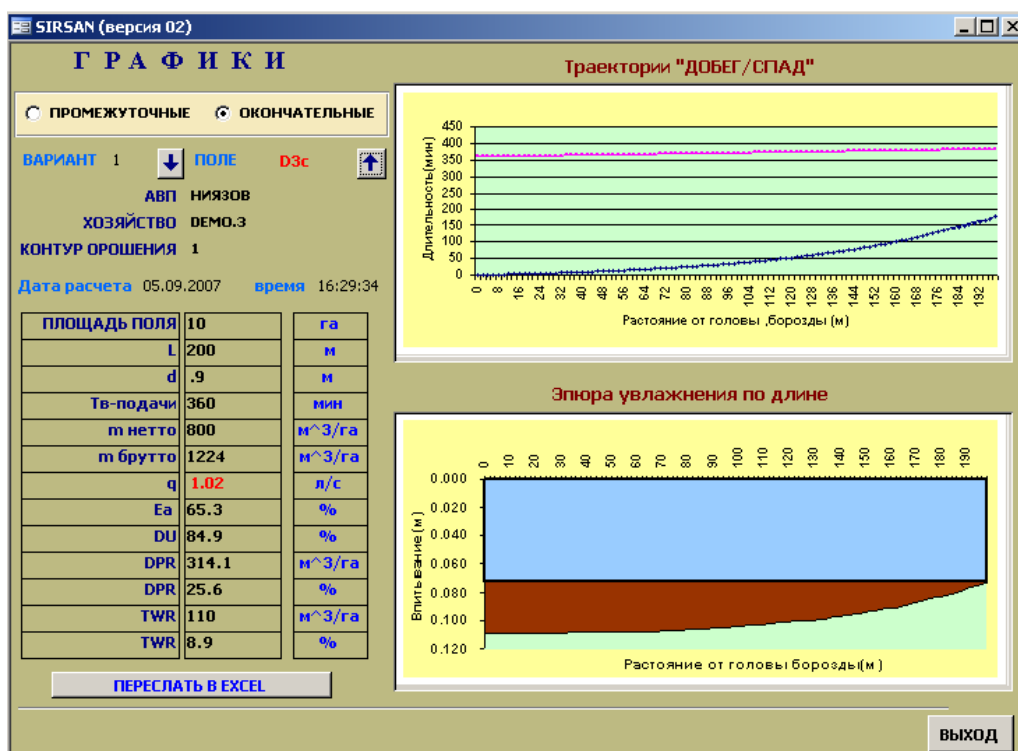




Рис. 5.10 – Форма ГРАФИКИ в режиме «просмотр результатов по вариантам расчета»

- Бокс ПРОМЕЖУТОЧНЫЕ ОКОНЧАТЕЛЬНЫЕ позволяет переключаться между таблицами промежуточных и постоянных результатов, кнопки  и  обеспечивают навигацию по ранее (в форме (Рис.5.6)) выбранным вариантам расчетов.
- Для возможности самостоятельного построения Пользователем траекторий «добег-спад» и эпюры увлажнения по длине борозды предусмотрена кнопка . Щелчком по этой кнопке полученные в результате таблицы координат пересылаются в папку **OUT**. Пример таблицы координат траекторий «добег-спад» и эпюры увлажнения приведен в ПРИЛОЖЕНИИ В.

5.4 Отчет

Для получения отчетов с результатами расчета элементов техники полива для выбранных полей и вариантов, необходимо щелкнуть по кнопке в блоке **ТЕХНИКА ПОЛИВА** (Рис.2.2).

- В открывающейся форме **РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТОВ** элементов техники полива (Рис.5.11) предусмотрены следующие опции:
- промежуточные окончательные - отмечается вид-версии отчетов, которые Пользователь хочет получить
- - щелчком по этой кнопке Пользователь выводит на экран отчет, предварительно пометив вариант, отчет по которому необходимо показать (Рис.5.12)

ПОЛЯ	ВАР-Т	ХОЗ-ВО	КОНТУР	А В П	Ть-подачи м/ч	м	НЕТТО м³/га
D2h	1	DEMO.2	1	НИЯЗОВ	720	800	
D2i	1	DEMO.2	1	НИЯЗОВ	720	900	
D2j	3	DEMO.2	1	НИЯЗОВ	2880	900	
D2k	1	DEMO.2	1	НИЯЗОВ	2160	900	
D3a	1	DEMO.3	1	НИЯЗОВ	360	900	
D3b	1	DEMO.3	1	НИЯЗОВ	360	1000	
D3c	1	DEMO.3	1	НИЯЗОВ	360	800	
D3d	3	DEMO.3	1	НИЯЗОВ	720	900	
D3e	1	DEMO.3	1	НИЯЗОВ	1440	900	
D3f	1	DEMO.3	1	НИЯЗОВ	1440	1000	
D3g	1	DEMO.3	1	НИЯЗОВ	1440	900	
D3h	3	DEMO.3	1	НИЯЗОВ	720	800	
D3k	2	DEMO.3	1	НИЯЗОВ	1440	1000	
D4a	3	DEMO.4	1	НИЯЗОВ	360	900	

Рис. 5.11 – Форма **РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА** в режиме «таблица объектов, для которых выполнялись расчеты»

ПОЛЯ	ВАР-Т	ХОЗ-ВО	КОНТУР	А В П	Ть-подачи м/ч	м	НЕТТО м³/га
D2h	1	DEMO.2	1	НИЯЗОВ	720	800	
D2i	1	DEMO.2	1	НИЯЗОВ	720	900	
D2j	3	DEMO.2	1	НИЯЗОВ	2880	900	
D2k	1	DEMO.2	1	НИЯЗОВ	2160	900	
D3a	1	DEMO.3	1	НИЯЗОВ	360	900	
D3b	1	DEMO.3	1	НИЯЗОВ	360	1000	
D3c	1	DEMO.3	1	НИЯЗОВ	360	800	
D3d	3	DEMO.3	1	НИЯЗОВ	720	900	
D3e	1	DEMO.3	1	НИЯЗОВ	1440	900	
D3f	1	DEMO.3	1	НИЯЗОВ	1440	1000	
D3g	1	DEMO.3	1	НИЯЗОВ	1440	900	
D3h	3	DEMO.3	1	НИЯЗОВ	720	800	
D3k	2	DEMO.3	1	НИЯЗОВ	1440	1000	
D4a	3	DEMO.4	1	НИЯЗОВ	360	900	

Рис. 5.12 – Форма **РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА** в режиме «выбор объекта для последующих действий ПОКАЗАТЬ-ПЕЧАТАТЬ-в EXCEL-УДАЛИТЬ»

- - щелчком по этой кнопке Пользователь может распечатать выбранный отчет (Рис.5.13).

- **В EXCEL** - щелчком по этой кнопке Пользователь может переслать отчет в формат EXSEL (ПРИЛОЖЕНИЕ В)
- **УДАЛИТЬ** - щелчком по этой кнопке Пользователь может удалить отчет по предварительно помеченному варианту из архива и таким образом из Базы Данных.

В I R V A M - II

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТОВ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕХНИКИ ПОЛИВА ПО БОРОЗДАМ

ДЕП	НИЯЗОВ	КОНТУР	1
КОЭФФИЦИЕНТ ВО	0,6000	ПОЛЕ	080
ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ	Средняя	ВАРИАНТ	1
		ДАТА	06.08.2007
		ВРЕМЯ	18:28

ПАРАМЕТРЫ	РАСЧЕТЫ	Единицы измерения
а - коэффициент формулы А.Н. Коотыкова	0.628	0/р
н - коэффициент формулы А.Н. Коотыкова	0.0028	м ² /мин/мм ²
Ю - установленная скорость сплитывания	0.000 026	м ² /мин/мм
тнетто - требуемая поливная норма-нетто	30.0	мм ² /га
тбрутто - поливная норма-брутто	1234	мм ² /га
В - уклон в направлении полива	0.002	мм
п - коэффициент гидравлической шероховатости	0.026	м ² -0.222/сек
р1 - 1-ый параметр геометрии борозды	0.628	0/р
р2 - 2-ой параметр геометрии борозды	1.288	0/р
l - длина борозды	200	м
d - расстояние между параллельными бороздами	0.8	м
q - расход в одноподчине борозды	1.02	л/с
q lim - предельный расход в борозды	1.12	л/с
А0 - площадь живого сечения поливной струи	0.00826	м ²
Тробга(мм) - длина до конца борозды	186 2.08	мм ч/с
Троб - требуемая длина до конца поливной нормы-нетто	182 2.20	мм ч/с
Тс-подчн - длина в одноподчине борозды	36.0 6.0	мм ч/с
Ев - эффективность полива поливной нормы	86.2	%
СВ - равномерность полива по длине борозды	24.8	%
ТЧФР - потери на поверхностный сброс	1.0 8.0	мм ² /га %
СФР - потери на глубинную фильтрацию	2.44 26.7	мм ² /га %

Рис. 5.13 – Вид отчета с результатами расчета для выбранного варианта

5.5 Завершение сеанса работы с программой SIRSAN (версия 02)

- Щелчком по кнопке **ВЫХОД** обеспечивается возврат в **ГЛАВНОЕ МЕНЮ** (Рис.2.2). Для выхода из программы **SIRSAN (версия 02)**, необходимо щелкнуть по кнопке **ВЫХОД**

6 АЛГОРИТМ РАСЧЕТА ЭЛЕМЕНТОВ ТЕХНИКИ ПОЛИВА ПО СКВОЗНЫМ БОРОЗДАМ ПРИ ПОЛИВЕ ПОСТОЯННОЙ СТРУЕЙ (реализуемый в модели SIRSAN-II)

6.1 Основные положения

1. Факторами, определяющими оптимальные для конкретных условий сочетания элементов техники полива ($T_{\text{полива}}$, $q_{\text{борозды}}$, $L_{\text{борозды}}$) при известных поливных нормах являются уклон в направлении полива и водопроницаемость почвогрунтов.
2. В аридной зоне при проектных проработках широко используются нормативные элементы техники полива, рассчитанные Н.Т.Лактаевым [1, 2] для предложенных им типовых сочетаний «уклон-водопроницаемость», получившие дальнейшее развитие в работе Павлова Г.Н. и его учеников [3]. Основаны они на большом объеме полевых исследований поливов по бороздам на фоне предполивной влажности 0.65 наименьшей влагоемкости (НВ). В производственных условиях добиться оптимальных (удовлетворение двух критериев: высокая эффективность использования поливной нормы и приемлемая (не ниже 80%) равномерность увлажнения) сочетаний элементов техники полива довольно сложная задача. Не стандартизированную длительность водоподачи в борозды сложно увязать с организацией орошения группы полей. Без увязки водоподачи в контур орошения с организацией орошения на отдельных полях этого контура существенно возрастают организационные потери оросительной воды, превышающие по нашим оценкам 25% от водоподачи в контур [4].
3. На практике длительность водоподачи в борозды **$T_{\text{водоподачи}}$** и зависящая от нее длительность полива **$T_{\text{полива}}$** – определяется не оптимальной продолжительностью полива, а возможностями организации эффективного полива. С этой точки зрения организацию орошения и соответственно водоподачи в борозды на практике принимают, соотносясь с продолжительностью светлого периода суток. В условиях не автоматизированного полива (капельное, внутрипочвенное орошение, дождевание) заправку борозд и регулирование бороздных струй по фронту полива можно производить только в светлый период суток, т.е. приспособив график начала и завершения водоподачи в борозды к светлоте периода. Здесь не так много вариаций. Для нашей широты местности это в основном 24-12-8 часовые такты водоподачи на поливные делянки (т.е. площади одновременного полива на поле). При этом:
 - при 24 часовых тактах переключения расходов на орошаемых полях возможно осуществлять в любое время светлого периода суток
 - при 12 часовых тактах переключения расходов на орошаемых полях возможно осуществлять в период с 5:00 до 9:00 утра и соответственно с 17:00 до 21:00 вечера (что возможно только в середине лета)
 - при 8 часовых тактах переключения расходов на орошаемых полях необходимо осуществлять в 5:00 – 13:00 – 21:00 (что возможно только в середине лета).
4. Наиболее удобна для организации орошения 12 часовая длительность такта водоподачи на поливную делянку (т.е. той части поля, борозды которой поливаются одновременно), например при двухтактной водоподаче на поле:
 - в 6 утра – подготовка борозд к пуску воды;
 - в 7 утра – начало полива ПЕРВОЙ делянки;
 - в 6 вечера – подготовка ВТОРОЙ поливной делянки к пуску воды;

в 7 часов вечера – переключение расходов на полив ВТОРОЙ делянки;
 в 6 утра следующего дня – подготовка делянки на следующем поле;
 в 7 утра – завершение водоподачи на ВТОРУЮ делянку и переключение расходов на полив делянки на этом или на следующем поле.

- Длина борозд конкретного поля обычно принимается, исходя из конфигурации поля, уклонов в направлении полива и длины гона трактора на послеполивных обработках почвы. Таким образом, на практике в основном варьируют **расходом в борозду**, соотносясь с инфильтрационными характеристиками почвогрунтов. На больших уклонах и при легких по мехсоставу почвах на малых и средних уклонах расходы ограничивают эрозионно-безопасными величинами поливных струй.
- Более обосновано выбор бороздных расходов осуществляется на основе пробных поливов [5]. Одновременно при этом уточняются инфильтрационные характеристики почвогрунтов, которые затем можно использовать при расчетах по выбранной модели полива.

Блок-схема расчетов, реализуемых моделью SIRSAN-II, приводится на рисунке 6.1.

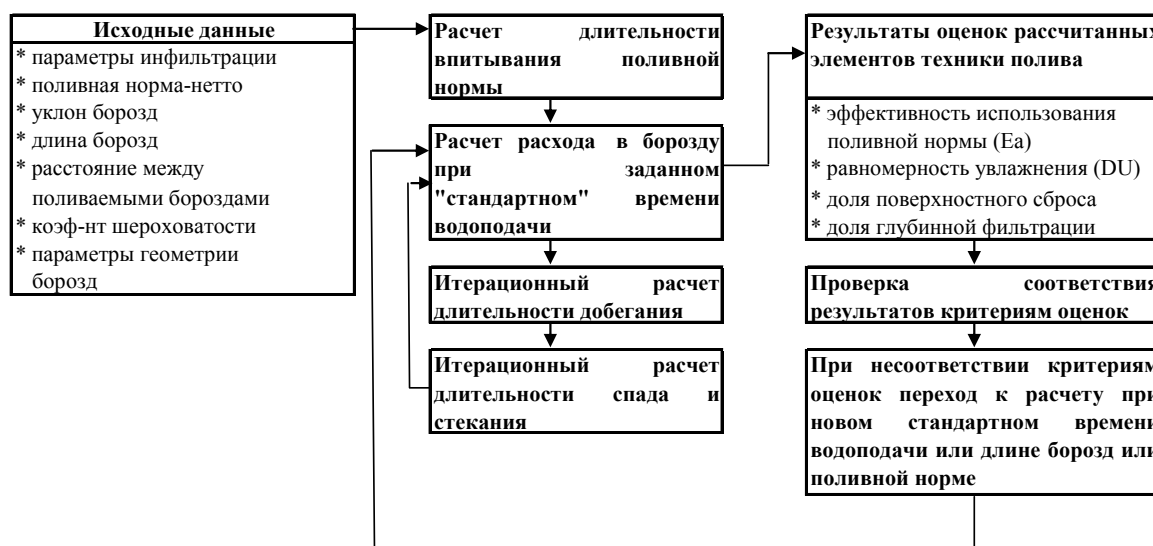


Рис. 6.1 - Блок-схема расчетов, реализуемых моделью SIRSAN-II

6.2 Исходные параметры

Исходными параметрами (Таблица 6.1), необходимыми для расчетов элементов техники полива являются:

- Параметры инфильтрации f_0 , a и k , входящие в уравнение Костякова-Льюиса
- Поливная норма (мм или $\text{м}^3/\text{га}$), определяемая разностью между FC (полевой влагоемкостью почвы в корнеобитаемой зоне) и фактическим содержанием почвенной влаги в расчетном слое корнеобитаемой зоны к моменту полива
- Продольный уклон поля (м/м)
- Длина борозд (м)
- Расстояние между поливаемыми бороздами (м)
- Коэффициент гидравлической шероховатости ложа борозды
- Параметры геометрии борозды.

Таблица 6.1 – Исходные параметры для расчетов элементов техники полива

Обозначение	Параметр	Размерность	Источник
f_0	установившаяся скорость впитывания	м ³ /мин/м	а) из данных пробных поливов, оцененных методом «две точки» б) из таблиц 6.2 и 6.3, с соответствующей корректировкой (См.6.4.2)
k	постоянный коэффициент	м ³ /мин/м ^а	
a	постоянный показатель степени		
q	расход водоподачи в борозду	л/с	В первом приближении может задаваться, а затем в процессе расчетов уточняется соответственно назначенной стандартной длительности полива
$Z_{\text{треб.}}$	требуемая поливная норма (нетто) на орошаемом поле. Эквивалентна - $m_{\text{нетто}}$	м ³ /га	Задается пользователем на основе программ по расчету режима орошения и графиков полива (типа CROPWAT/ISAREG и т.п.)
S	уклон в направлении полива	м/м	Задается пользователем на основе полевых изысканий/при переборе вариантов задается в рассматриваемом пользователем диапазоне
L	длина борозды	м	Задается пользователем на основе полевых изысканий/при переборе вариантов задается в рассматриваемом пользователем диапазоне
d	расстояние между поливаемыми бороздами	м	Задается пользователем на основе полевых изысканий/при переборе вариантов задается в рассматриваемом диапазоне
n	коэффициент гидравлической шероховатости		Задается пользователем на основе полевых изысканий/принимается соответственно рекомендаций табл.6. 3
$p1$ и $p2$	параметры геометрии борозды		принимаются по таблице 6.4

Таблица 6.2–Типичные параметры инфильтрации для почвогрунтов различной водопроницаемости

Почвогрунты НИЗКОЙ водопроницаемости (мехсостав – Глина)	a		0.311
	k	м ³ /мин/м ^а	0.0039
	f_0	м ³ /мин/м	0.000034
Почвогрунты ПОНИЖЕННОЙ водопроницаемости (мехсостав – Тяжелый Суглинок)	a		0.434
	k	м ³ /мин/м ^а	0.0033
	f_0	м ³ /мин/м	0.000078
Почвогрунты СРЕДНЕЙ водопроницаемости (мехсостав – Средний Суглинок)	a		0.528
	k	м ³ /мин/м ^а	0.0032
	f_0	м ³ /мин/м	0.000138
Почвогрунты ПОВЫШЕННОЙ водопроницаемости (мехсостав – Легкий Суглинок, Супесь)	a		0.591
	k	м ³ /мин/м ^а	0.0033
	f_0	м ³ /мин/м	0.000203
Почвогрунты ВЫСОКОЙ водопроницаемости (мехсостав – Супесь, Песчаные)	a		0.657
	k	м ³ /мин/м ^а	0.00377
	f_0	м ³ /мин/м	0.00031

Основное влияние на выбор того или иного типа водопроницаемости и соответствующих ему параметров инфильтрации (табл. 6.2) является сочетание механического состава почвогрунтов в верхнем (0...0.3 м) и подпахотном (0.3...1 м) горизонтах. В связи с этим, для правильного выбора параметров инфильтрации из таблицы 6.2 необходимо предварительно на основе полевых изысканий определить мехсостав в обоих горизонтах. Затем по таблице 6.3 на пересечении соответствующих столбца (мехсостав верхнего горизонта) и строки (мехсостав подпахотного горизонта) найти отвечающий условиям тип мехсостава. Далее для выбранного таким образом типа мехсостава почвогрунта выбираются табличные значения параметров инфильтрации из таблицы 6.2.

Таблица 6.3 – Выбор типа мехсостава почвогрунта в зависимости от сочетания мехсостава в верхнем и подпахотном горизонтах

Механический состав подпахотного горизонта, слой 0.3...1 м	Механический состав верхнего горизонта, слой 0...0.3 м				
	Супесь	Легкий суглинок	Средний суглинок	Тяжелый суглинок	Глина
Галечник с песком	Супесь	Супесь	Супесь	Легкий суглинок	Средний суглинок
Супесь	Супесь	Супесь	Легкий суглинок	Средний суглинок	Тяжелый суглинок
Легкий суглинок	Супесь	Легкий суглинок	Средний суглинок	Тяжелый суглинок	Тяжелый суглинок
Средний суглинок	Легкий суглинок	Средний суглинок	Тяжелый суглинок	Тяжелый суглинок	Глина
Тяжелый суглинок	Средний суглинок	Тяжелый суглинок	Тяжелый суглинок	Глина	Глина
Глина	Тяжелый суглинок	Тяжелый суглинок	Глина	Глина	Глина

Таблица 6.4 – Зависимость коэффициента гидравлической шероховатости (n) от качества ложа поливной струи

Качество ложа поливной струи	Коэф. шероховатости (n)
Ложе, густо покрытое растениями	0.15
Свежевспаханная почва	0.04
Гладкое ложе без больших комков	0.02

Таблица 6.5 – Геометрические параметры различных типов сечений (по ФАО)

Параметры	БОРОЗДЫ								
	Параболическое			Трапецеидальное			Треугольное		
	Междурядье								
	0.45 м	0.6 м	0.9 м	0.45 м	0.6 м	0.9 м	0.45 м	0.6 м	0.9 м
p1	0.582	0.591	0.585	0.498	0.513	0.432	0.464	0.487	0.503
p2	1.352	1.361	1.366	1.325	1.329	1.290	1.333	1.333	1.333

6.3 ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ РАСЧЕТОВ

6.3.1 Первый этап - Расчет эффективного времени впитывания

На первом этапе рассчитывается эффективное время впитывания заданной поливной нормы (по Уолкеру В.Р. и Скогербою Г.В.[6])

Теоретически при поливе любая точка по длине борозды должна увлажняться в течение **эффективного времени впитывания заданной поливной нормы**.

Однако, при поверхностном поливе по бороздам это сложно осуществить (*если мы стремимся обеспечить впитывание заданной нормы в конце борозды, то излишне долго увлажняются начальные участки*), но подбором соответствующих элементов техники полива стремятся сократить разрыв во времени увлажнения головных и концевых участков борозд и вместе с тем не допустить чрезмерного поверхностного сброса в конце борозд.

Процедура проектирования требует, чтобы было известно необходимая продолжительность впитывания, обеспечивающее впитывание $Z_{\text{треб.}}$ (эквивалентно $m_{\text{нетто}}$ по местной терминологии). Это время, обозначаемое $\tau_{\text{треб.}}$, требует нелинейного решения уравнения инфильтрации, предложенного А.Н.Костяковым (6.1):

$$Z = k\tau^a + f_0\tau \quad (6.1)$$

где Z - суммарное впитывание на единицу длины, $\text{м}^3/\text{м}$ (подразумевается на борозду или на единицу ширины);

τ - продолжительность впитывания в мин;

a - постоянный показатель степени;

k - постоянный коэффициент, $\text{м}^3/\text{мин}^a/\text{м}$ длины;

f_0 - установившаяся скорость впитывания, $\text{м}^3/\text{мин}/\text{м}$ длины.

Для решения этого уравнения используется процедура Ньютона-Рафсона, состоящая из трех шагов (см. ВСТАВКУ #1_):

1. Производится начальная оценка $\tau_{\text{треб.}}$ и помечается, как T_1 ;
2. Вычисляется вторая оценка $\tau_{\text{треб.}}$ и T_2 :

$$T_2 = T_1 + \frac{Z - kT_1^a - f_0T_1}{\frac{ak}{T_1^{1-a}} + f_0} \quad (6.2)$$

3. Сравниваются значения начальной и второй оценки $\tau_{\text{треб.}}$ (T_1 и T_2) по абсолютному значению. Если они равны друг другу или отличаются с допуском в 0.5 мин, значение $\tau_{\text{треб.}}$ принимается как результат. Если они не удовлетворяют этому условию, заменяются T_1 на T_2 и повторяются шаги 2 и 3.

После определения необходимой продолжительности впитывания поливной нормы или иначе - эффективного времени впитывания выбираем стандартную длительность водоподачи - $T_{\text{водоподачи}}$ в борозды поливной делянки, исходя из приведенных далее положений.

ВСТАВКА #1					
Расчет необходимой длительности впитывания поливной нормы (пример)					
	T1	T2	НЕВЯЗКА		
	мин	мин	мин		
I	80.00	228.86	148.86	A	80
				B	0.0492004
				C	0.0003305
				D	148.86073
II	228.86	257.90	29.04	A	228.86073
				B	0.0073187
				C	0.000252
				D	29.043974
III	257.90	258.31	0.41	A	257.90471
				B	0.0001002
				C	0.0002453
				D	0.4084952
IV	258.31	258.31	0.00	A	258.3132
				B	1.763E-08
				C	0.0002452
				D	7.19E-05

6.3.2 Второй этап - Стандартизация длительности водоподачи в борозды

Общая продолжительность полива по бороздам определяется суммой двух параметров полива:

$$T_{\text{полива}} = T_L + \tau_{\text{треб.}} \quad (6.3)$$

где,

T_L – длительность (мин) добегаания поливной струи до конца борозды от начала водоподачи;

$\tau_{\text{треб.}}$ – необходимая длительность (мин) впитывания поливной нормы в любой точке борозды;

$\tau_{\text{стекания.(L)}}$ – длительность (мин) стекания воды из борозды в конечном створе борозды после отключения водоподачи

Отметим, что общая продолжительность водоподачи в борозду для обеспечения требуемой поливной нормы меньше продолжительности полива - $T_{\text{полива}}$ на величину длительности стекания в конечном створе борозды - $\tau_{\text{стекания.(L)}}$ (см. ВСТАВКУ #2):

$$T_{\text{водоподачи}} = T_L + \tau_{\text{треб.}} - \tau_{\text{стекания.(L)}} \quad (6.4)$$

Назначив в первом приближении предварительное **стандартное время водоподачи в борозду**, обычно это: **6 час/8 час/12 час/24 час**, на следующем этапе расчета определяем/уточняем **необходимый расход водоподачи в борозду**, при котором обеспечивается стандартная длительность водоподачи.

ВСТАВКА #2						
Расчет необходимой длительности водоподачи (пример)						
Длительность добега		Длительность впитывания нормы		Необходимая длительность водоподачи		
T_L		$\tau_{\text{треб.}}$		$T_{\text{водоподачи}}$		
мин	час	мин	час	мин	час	
134	2.2	258	4.3	360	6.0	

Задача эта решается подбором т.к. для ее решения необходимо знать T_L и $\tau_{\text{стекания.}(L)}$, зависящие в свою очередь от расхода в борозду. Таким образом, эти два параметра определяются с помощью серии итерационных расчетов с использованием, нижеследующих положений:

Расчет добега поливных струй (по Уолкеру В.Р. и Скогербою Г.В.[6])

В общем виде траектория добега описывается уравнением (6.5):

$$x = pt_x^r \quad (6.5)$$

где x – длина добега в м от начала борозды, которая достигается за t_x минут водоподачи, а p и r - параметры подгонки.

Для определения эмпирических параметров p и r методом «две точки» одновременно используются время добега до точки близ половины длины борозды $T_{0.5L}$ и добега до конца борозды T_L :

$$r = \frac{\log(0.5L)/\log(L)}{\log(T_L)/\log(T_{0.5L})} \quad (6.6)$$

$$= \frac{\log(2)}{\log(T_L/T_{0.5L})} \quad (6.7)$$

Для того, чтобы определить параметр r (оценка параметра p необязательна), траектория между двух точек добега рассчитывается следующим образом:

1. Степенной показатель добега r обычно имеет значение 0.1-0.9. **Первый шаг** заключается в том, чтобы произвести начальную оценку r , обычно, в качестве начальной оценки можно принять $r = 0.4...0.6$.
2. Затем вычисляется следующая оценка r и сравнивается с предыдущей.
3. Вычисляется фактор формы подповерхности S_z из уравнения (6.8).

$$s_z = \frac{a + r(1 - a) + 1}{(1 + r)(1 + a)} \quad (6.8)$$

4. Вычисляется, используя процедуру Ньютона-Рафсона, продолжительность добега T_L ,:

а) Предположим начальную оценку T_L как T_1

$$T_1 = 5A_0L/q_0 \quad (6.9)$$

б) Вычисляется следующая оценка $t_L(T_2)$:

$$T_2 = T_1 - \frac{q_0 T_1 - 0.77 A_0 L - s_z k T_1^a L - \frac{f_0 L T_1}{1 + r_1}}{Q_0 - s_z a k L / T_1^{1-a} - \frac{f_0 L}{1 + r_1}} \quad (6.10)$$

в) Сравниваются начальная (T_1) и последующая (T_2) оценки T_L . Если их разность составляет 0.5 или меньше, дальнейший расчет переходит к пп.4.

Если нет, принимается, что $T_1=T_2$ и повторяются расчеты по пп. б) и в).

Следует отметить, что если при расчетах с T_1 , назначенным по уравнению (6.9), решения попадают в неустойчивую область следует последовательно увеличивать начальную оценку для T_1 в несколько раз (т.е. принимая вместо коэффициента 5 последовательно из следующего ряда: 10-50-100-150 до возврата в область устойчивых решений).

5. Вычисляются значения времени добега до середины поля $T_{0.5L}$, используя ту же процедуру, как указано в п.3. Половина длины $0.5L$ подставляется вместо L , а $T_{0.5L}$ вместо T_L в уравнение (6.10).

6. Вычисляется следующая оценка r так:

$$r_2 = \frac{\log(2)}{\log(T_L/T_{0.5L})} \quad (6.11)$$

7. Сравнивается начальная оценка r_1 с последующей оценкой r_2 . Разность между ними должна быть меньше 0.0001. Если они равны, процедура нахождения T_L завершена. Если нет, то принимается $r_1=r_2$ и повторяются пп.2-6 (см. ВСТАВКУ #3).

ВСТАВКА #3							
Расчет добега поливных струй (пример)							
I	калибровка						
	r1	r2					
		0.5066	0.5066				
расчет добега до конца борозды							
I	T1	T2	T1(b)	НЕВЯЗКА	A	3.205	
	мин	мин	мин	мин		B	3.370
		130	133.87	-3.41	137.28	C	0.075
						D	0.026
II	T1	T2	НЕВЯЗКА		A	3.459	
	min	min				B	3.458
		133.87	133.86	133.84	0.02	C	0.075
						D	0.026
III	T1	T2	НЕВЯЗКА		A	3.458	
	min	min				B	3.458
		133.86	133.86	133.86	0.00	C	0.075
						D	0.026
IV	T1	T2	НЕВЯЗКА		A	3.458	
	min	min				B	3.458
		133.86	133.86	133.86	0.00	C	0.075
						D	0.026

Расчет длительности спада (по Уолкеру В.Р. и Скогербою Г.В. [6])

Время спада с начала полива, т.е. полное опорожнение борозды (от начала полива) $T_{\text{спада}(L)}$ вычисляется исходя из условия, что **конец борозды** получает требуемую расчетную норму увлажнения:

$$T_{\text{спада}(L)} = T_L + \tau_{\text{треб}} \quad (6.12)$$

где $\tau_{\text{треб}}$ – необходимое время впитывания расчетной нормы

T_L - длительность добега до конца

Вычисляем время спада $T_{\text{спада}(0)}$ в голове борозды в мин так:

1. Назначается в первом приближении начальное время спада, скажем $T_1 = T_{\text{спада}(L)}$;
2. Вычисляется средняя скорость инфильтрации по длине борозды посредством усреднения скоростей в голове и конце борозды за время T_1 :

$$I = \frac{ak}{2} [T_1^{a-1} + (T_1 - t_L)^{a-1}] + f_0 \quad (6.13)$$

3. Вычисляется «относительный» уклон поверхности воды в борозде:

$$S_y = \frac{1}{L} \left[\frac{(Q_0 - IL)n}{60S_0^{0.5}} \right]^{0.6} \quad (6.14)$$

4. Вычисляется вторая оценка времени спада T_2 :

$$T_2 = t_r - \frac{0.095n^{0.47565} S_y^{0.20735} L^{0.6829}}{I^{0.52435} S_0^{0.237825}} \quad (6.15)$$

5. Сравниваются T_2 с T_1 , если они отличаются в пределах минуты, то время спада $T_{\text{спада}(0)}$ определено. Если анализ не сходится, то принимается $T_1 = T_2$ и повторяются шаги со 2 по 5 (см. ВСТАВКУ #4).

ВСТАВКА #4							
Расчет времени спада водной поверхности в борозде (пример)							
	T1	I	Sy	T2	НЕВЯЗКА		
	мин			мин			
I	392.17	0.00023	2.95442E-05	359.59	32.58	A	0.0010186
						B	2.6833
						C	0.0003796
						D	0.0089
II	359.59	0.00024	2.8784E-05	360.18	-0.59	A	0.0009753
						B	2.6833
						C	0.0003635
						D	0.0086
III	360.18	0.00024	2.8799E-05	360.16	0.01	A	0.0009761
						B	2.6833
						C	0.0003638
						D	0.0086
IV	360.16	0.00024	2.87987E-05	360.17	0.00	A	0.0009761
						B	2.6833
						C	0.0003638
						D	0.0086

6.3.3 Третий этап – Оценка увлажнения по длине борозды

На основе рассчитанных данных по: необходимой длительности впитывания поливной нормы - $\tau_{\text{треб.}}$; продолжительностям добеганий поливных струй до середины и до конца борозд – T_L и $T_{0.5L}$; времени спада в голове борозды от начала полива $T_{\text{спада}(0)}$ переходим к третьему этапу расчетов. На этом этапе необходимо оценить увлажнение поливом по длине борозды.

На **первом шаге** по известным данным строятся эпюры добегов (по трем точкам) и спадов (по двум точкам)

На **втором шаге** построенные кривые добегов и спадов аппроксимируются полиномами.

На **третьем шаге** строится таблица координат:

- при L борозд больше 300 м с шагом 20 м
- при L борозд больше 200 м, но меньше 300 м с шагом 15 м
- при L борозд больше 100 м, но меньше 200 м с шагом 10 м
- при L борозд меньше 100 м с шагом 5 м

На **четвертом шаге** с использованием коэффициентов полиномов, аппроксимирующих кривые добегов и спадов, рассчитывается время добега и спада в различных створах, расположенных по длине борозды с соответствующим шагом

На **пятом шаге** рассчитывается продолжительность стекания в различных створах, расположенных по длине борозды с соответствующим шагом (6.16)

$$\tau_{\text{стекания}(i)} = T_{\text{спада}(i)} - T_{\text{спада}(0)} \quad (6.16)$$

где

$T_{\text{спада}(0)}$ – время спада (опорожнения ложа) от начала водоподачи в голове борозды (без большой погрешности может приниматься длительности водоподачи в борозду)

$T_{\text{спада}(i)}$ – время спада (от начала водоподачи) в створах по длине борозды

На **седьмом шаге** рассчитывается эффективная продолжительность впитывания в различных створах, расположенных по длине борозды с соответствующим шагом

$$\tau_{\text{эффект}(i)} = T_{\text{спада}(i)} - T_{\text{добега}(i)} \quad (6.17)$$

где

$T_{\text{добега}(i)}$ – продолжительность добега до i -того створа от начала водоподачи.

$T_{\text{спада}(i)}$ – время спада в i -том створе от начала водоподачи

На **восьмом шаге** рассчитывается по формуле (6.1) фактическое впитывание в различных створах, расположенных по длине борозды с соответствующим шагом и определяются средние слои впитавшейся воды по всей длине борозды и на нижней четверти борозды (см. ВСТАВКУ #5).

ВСТАВКА #5						
Координаты траекторий «добег-спад» и эпюры впитывания (пример)						
Расстояния	Добег	Спад	Стеkanie	Эффект. время	Фактическое впитывание в различных точках борозды по длине	Требуемая поливная норма в бороздее
L	T _{добег(i)}	T _{спад(i)}	T _{стекания(i)}	T _{эффект(i)}	Z _{факт(i)}	Z _{треб.}
М	МИН	МИН	МИН	МИН	М	М
0	0	360.17	0	360	0.114	0.09
15	0.45	361.77	2	361	0.114	0.09
30	1.56	363.37	3	362	0.114	0.09
45	3.32	364.97	5	362	0.114	0.09
60	5.75	366.57	6	361	0.114	0.09
75	8.82	368.17	8	359	0.114	0.09
90	12.56	369.77	10	357	0.113	0.09
105	16.95	371.37	11	354	0.113	0.09
120	22.00	372.97	13	351	0.112	0.09
135	27.71	374.57	14	347	0.111	0.09
150	34.08	376.17	16	342	0.110	0.09
165	41.10	377.77	18	337	0.109	0.09
180	48.78	379.37	19	331	0.107	0.09
195	57.11	380.97	21	324	0.106	0.09
210	66.11	382.57	22	316	0.104	0.09
225	75.75	384.17	24	308	0.102	0.09
240	86.06	385.77	26	300	0.100	0.09
255	97.03	387.37	27	290	0.098	0.09
270	108.65	388.97	29	280	0.095	0.09
285	120.93	390.57	30	270	0.093	0.09
300	133.86	392.17	32	258	0.090	0.09
Средний слой впитавшейся в бороздее воды					0.107	М
Средний слой впитывания на нижней четверти борозды					0.096	М

6.3.4 Четвертый этап – Оценка характеристик полива по бороздам

Основными критериями приемлемости для конкретных условий рассчитанных элементов техники полива являются: **эффективность использования поливной нормы E_a** на орошаемом поле или КПД техники полива и **равномерность увлажнения по длине борозды – DU** (см. ВСТАВКУ #6).

Эффективность использования поливной нормы непосредственно на орошаемом поле или КПД техники полива, зависит от выбранных при определенных сочетаниях «уклон в направлении полива - водопроницаемость почвогрунтов» элементов техники полива: Z_{треб.} – требований сельхозкультуры на орошение в определенную фазу ее развития или поливной нормы - **m_{нетто}**; q - расхода водоподачи в голове борозды, T_{в-подачи} – длительности водоподачи в борозду, L – длины борозды. При этом наряду со стремлением иметь максимально возможную в конкретных условиях эффективность использования поливной нормы или КПД техники полива, необходимо обеспечить высокую равномерность увлажнения поля. Фермер, и особо в условиях отсутствия платы за воду, заинтересован в достижении высокой равномерности увлажнения, часто в ущерб эффективности использования поливной нормы.

DU – показатель равномерности увлажнения, характеризует систему орошения, а **E_a** – эффективность использования поливной нормы, является эксплуатационным показателем управления [5, 7]. Они в предлагаемых нами форматах описываются следующими зависимостями:

$$m_{\text{брутто}} = (T_{\text{в-подачи}} (\text{мин}) \times q (\text{м}^3/\text{мин})) \times \left(\frac{10000 (\text{м}^2)}{L (\text{м}) \times d (\text{м})} \right)$$

$$E_a = \left(\frac{Z (\text{м}) \times 10000 (\text{м}^2)}{m_{\text{брутто}} (\text{м}^3/\text{га}) \times d (\text{м})} \right) \times 100 (\%) \quad Z_{\text{нижней четверти}} \geq Z_{\text{сред. по длине}} \quad (6.18)$$

$$E_a = \left(\frac{Z_{\text{нижней четверти}} (\text{м}) * 10000 (\text{м}^2)}{m_{\text{брутто}} (\text{м}^3/\text{га}) \times d (\text{м})} \right) \times 100 (\%) \quad Z_{\text{нижней четверти}} \leq Z_{\text{сред. по длине}} \quad (6.19)$$

$$DU = \frac{Z_{\text{нижней четверти}} (\text{м})}{Z_{\text{сред. по длине}} (\text{м})} \times 100 (\%) \quad (6.20)$$

где **Z** – слой (м), требуемый для пополнения влагой корнеобитаемой зоны/поливная норма нетто – **m_{нетто}**;

m_{брутто} – водоподача-брутто (м³/га) на орошаемую площадь;

Z_{нижней четверти} – средний слой (м), впитавшийся на нижней четверти борозды;

Z_{сред. по длине} – средний слой воды, впитавшейся по длине всей борозды (м).

На следующем шаге оцениваются глубинная инфильтрация за пределы борозды **DPR**:

$$DPR = \frac{Z_{\text{сред. по длине}} (\text{м}) - Z (\text{м})}{m_{\text{брутто}} (\text{м})} \quad (6.21)$$

$$DPR (\%) = \frac{DPR}{D} \times 100 \quad (6.22)$$

и поверхностный сброс в конце борозды:

$$TWR = D - DPR - \left(\frac{Z_{\text{борозды}} \times 10000}{d} \right) \quad (6.23)$$

$$TWR (\%) = \frac{TWR}{D} \times 100 \quad (6.24)$$

ВСТАВКА #6			
Основные характеристика полива по бороздам (пример)			
Средний слой впитавшейся воды	Z_{сред. по длине}	0.107	м
Средний слой впитывания на нижней четверти	Z_{нижней четверти}	0.096	м
Эффективность поливной нормы	E_a	67	%
Равномерность увлажнения	DU	90	%
Глубинная инфильтрация	DPR	189	м ³ /га
		12.8	%
Поверхностный сброс	TWR	294	м ³ /га
		19.8	%

6.4 Дополнительные условия

6.4.1 Параметры инфильтрации бороздкового полива

Табличные значения параметров инфильтрации (таблица 6.2) получены методом затопления площадок. Для того, чтобы перейти от этих параметров к параметрам, соответствующим условиям полива по бороздам, вводится коэффициент перехода $C_{\text{борозд}}$. Этот коэффициент зависит от отношения смоченного периметра к расстоянию между поливаемыми бороздами – d .

В зависимости от междурядья (расстояния между бороздами) коэффициент $C_{\text{борозд}}$ определяется с учетом рекомендаций Н.Т.Лактаева [1] по следующим формулам:

- При междурядьи 0.6 м

$$C_{\text{борозд}} = \left[1 - \left(1 - \frac{WP}{d} \right)^3 \right]^{0.5} \quad (6.27)$$

- При междурядьи 0.9 м

$$C_{\text{борозд}} = \left[1 - \left(1 - \frac{WP}{d} \right)^6 \right]^{0.5} \quad (6.28)$$

Где:

$C_{\text{борозд}}$	Коэффициент перехода от табличных значений параметров инфильтрации к параметрам в условиях бороздкового полива	
d	Расстояние между поливаемыми бороздами	(м)
WP	Смоченный периметр борозды	(м)

$$WP = \frac{A_0}{R} \quad (6.29)$$

Где:

A_0	Площадь живого сечения потока в борозде	(м ²)
R	Гидравлический радиус	(м)

$$A_0 = \left(\frac{q \times n}{60 \times p1 \times S_0^{0.5}} \right)^{\frac{1}{p2}} \quad (6.30)$$

$$R = \left(\frac{0.001 \times q \times n}{A_0 \times S^{0.5}} \right)^{\frac{1}{0.67}} \quad (6.31)$$

Где:

q	Расход воды в борозду	(м ³ /с)
n	Коэффициент гидравлической шероховатости ложа борозды	(м ^{-0.67} с)
S	Уклон борозды	(м/м)

$$k_{\text{борозд}} = k_{\text{табл}} \times C_{\text{борозд}} \quad (6.32)$$

$$f_{0(\text{борозд})} = f_{0(\text{табл})} \times C_{\text{борозд}} \quad (6.33)$$

Где:

$k_{\text{борозд}}$	Параметр ф-лы А.Н.Костякова с учетом коэф-та перехода	$(\text{м}^3/\text{мин}/\text{м}^2)$
$k_{\text{табл.}}$	Параметр ф-лы А.Н.Костякова из таблицы 6.2	$(\text{м}^3/\text{мин}/\text{м}^2)$
$f_{0(\text{борозд})}$	Скорость установившейся нфильтрации с учетом коэф-та перехода	$(\text{м}^3/\text{мин}/\text{м})$
$f_{0(\text{табл.})}$	Скорость установившейся нфильтрации из таблицы 6.2	$(\text{м}^3/\text{мин}/\text{м})$

Помимо указанного следует учитывать, что:

- Параметр инфильтрации α вводится без корректировки, т.е по соответствующим типу почвогрунта табличным значениям.
- При рассчитанных значениях $C_{\text{борозд}}$ меньше 0.5 по умолчанию принимается $C_{\text{борозд}}=0.5$
- Для вариантов полива по бороздам, основанных на полевых измерениях параметров инфильтрации по данным пробных поливов, предусматривается непосредственный ввод этих параметров.
- В условиях близкого залегания уровня грунтовых вод к поверхности земли (УГВ <1.5 м) рекомендуется использовать параметры инфильтрации, основанные на полевых измерениях инфильтрации по данным пробных поливов.

ССЫЛКИ

1. Лактаев Н.Т. 1978. *Полив хлопчатника*. Изд. «Колос», Москва, 176 стр.
2. Джурабеков И.Х. и Лактаев Н.Т. 1983. *Совершенствование оросительных систем и мелиорация земель Узбекистана*, Изд.«Узбекистан», Ташкент, 152 стр.
3. Павлов Г.Н. 1985. Районирование орошаемой территории Узбекистана по рациональным способам орошения, Изд. САНИИРИ, Ташкент, 60 стр.
4. Хорст М.Г., Стулина Г.В., Мирзаев Н.Н. 2001. *Пути водосбережения*, Изд. IWMI – НИЦ МКВК, 172 стр.
5. Хорст М.Г., Шамуталов Ш.Ш., Перейра Л.С. и Гонсалвес Дж.М. 2005. *Полевая оценка потенциального водосбережения при орошении по бороздам в Ферганской долине, бассейн Аральского моря (на англ. языке)*. Журнал «Использование водных ресурсов в сельском хозяйстве», том 77, выпуски 1-3, 2005, Специальный выпуск по земле и водопользованию: Средства и практика охраны окружающей среды, издание ELSEVIER, стр. 210-231.
6. Уолкер В.Р., Скогербой Г.В. 1987. *Поверхностное орошение: Теория и практика(на англ. языке)*. Принтис-Холл, Нью Джерси, 376 стр.
7. Перейра Л.С. и др. 2002. *Организация орошения при дефиците воды*. Журнал «Использование водных ресурсов в сельском хозяйстве» (на англ. языке), том 57, стр.175-206.

РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ДИАПАЗОНЫ ВЫБОРА ИСХОДНЫХ ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ РАСЧЕТА ЭЛЕМЕНТОВ ТЕХНИКИ ПОЛИВА ПО СКВОЗНЫМ БОРОЗДАМ⁶

Предпочтительные параметры полива по бороздам для почвогрунтов низкой водопроницаемости (мехсостав – Глина)

Параметры		Единицы измерен.	Уклоны (м/м)		
			малые	средние	большие
			0.0025>S>0.001	0.0075>S>0.0025	0.025>S>0.0075
Длина борозды	L	м	200...400	100...400	100...200
Расстояние между поливаемыми бороздами	d	м	0.9	0.6/0.9	0.6
Поливная норма	m _{нетто}	м ³ /га	1000...1100	1000...1100	800...900
Длительность водоподачи	T _{вод.}	час	48	48	36...48
Диапазон расходов	q	л/с	0.2...0.4	0.05...0.4	0.05...0.20

Предпочтительные параметры полива по бороздам для почвогрунтов пониженной водопроницаемости (мехсостав – Тяжелый Суглинок)

Параметры		Единицы измерен.	Уклоны (м/м)		
			малые	средние	большие
			0.0025>S>0.001	0.0075>S>0.0025	0.025>S>0.0075
Длина борозды	L	м	100...400	100...200	100
Расстояние между поливаемыми бороздами	d	м	0.9	0.6/1.2*/0.9/1.8*	0.6/1.2*
Поливная норма	m _{нетто}	м ³ /га	800...1100	700...900	800...900
Длительность водоподачи	T _{вод.}	час	12...24	12...48	36...48
Диапазон расходов	q	л/с	0.2...1.2	0.1...0.6	0.05...0.20
* полив через междурядье					

⁶ При гидравлической шероховатости ложа борозды - n=0.025

Предпочтительные параметры полива по бороздам для почвогрунтов средней водопроницаемости (мехсостав – Средний Суглинок)

Параметры		Единицы измерен.	Уклоны (м/м)		
			малые	средние	большие
			0.0025>S>0.001	0.0075>S>0.0025	0.025>S>0.0075
Длина борозды	L	м	100...400	100...200	70...100
Расстояние между поливаемыми бороздами	d	м	0.9/1.8*	0.6/1.2*/0.9/1.8*	0.6/1.2*
Поливная норма	m _{нетто}	м ³ /га	800...1000	800...900	800...1000
Длительность водоподачи	T _{вод.}	час	6...36	6...36	6...24
Диапазон расходов	q	л/с	0.5...1.9	0.2...1.2	0.10...0.25
* полив через междурядье					

Предпочтительные параметры полива по бороздам для почвогрунтов повышенной водопроницаемости (мехсостав – Легкий Суглинок, Супесь)

Параметры		Единицы измерен.	Уклоны (м/м)		
			малые	средние	большие
			0.0025>S>0.001	0.0075>S>0.0025	0.025>S>0.0075
Длина борозды	L	м	50...150	50...100	50...70
Расстояние между поливаемыми бороздами	d	м	0.9	0.6/1.2**	0.6/1.2**
Поливная норма	m _{нетто}	м ³ /га	800...900	800	700
Длительность водоподачи	T _{вод.}	час	6...12	3...12	3...12
Диапазон расходов	q	л/с	0.4...1.0	0.2...0.4	0.05...0.20
* полив через междурядье					

Предпочтительные параметры полива по бороздам для почвогрунтов высокой водопроницаемости (мехсостав – Супесь, Песчаные)

Параметры		Единицы измерен.	Уклоны (м/м)		
			малые	средние	большие
			0.0025>S>0.001	0.0075>S>0.0025	0.025>S>0.0075
Длина борозды	L	м	50...70	50	30...50
Расстояние между поливаемыми бороздами	d	м	0.6/1.2**	0.6/1.2**	0.6/1.2**
Поливная норма	m _{нетто}	м ³ /га	800...900	800	700
Длительность водоподачи	T _{вод.}	час	6	3...6	3...6
Диапазон расходов	q	л/с	0.3...0.6	0.2...0.4	0.05...0.20
* полив через междурядье					

ПРИМЕР ПОСТРОЕНИЯ ТРАЕКТОРИЙ «ДОБЕГ-СПАД» И ЭПЮРЫ УВЛАЖНЕНИЯ ПО ДЛИНЕ БОРОЗДЫ (по данным отчета в формате EXCEL)

АВП	Хозяйства	Контур	Поле	Вариант
НИЯЗОВ	ДЕМО.3		1D3	5

X, м	Y (Тдобега), м	Y (Тспада), м	Y (м нетто), м	Y (м факт), м
0	0	360.0042	0.09	0.114017
3	0.37272	360.3243	0.09	0.114005
6	0.7537	360.6445	0.09	0.113991
9	1.143121	360.9646	0.09	0.113976
12	1.541172	361.2847	0.09	0.113958
15	1.948043	361.6048	0.09	0.113938
18	2.363929	361.9249	0.09	0.113916
21	2.789032	362.245	0.09	0.113892
24	3.223554	362.5651	0.09	0.113866
27	3.667705	362.8852	0.09	0.113837
30	4.121697	363.2053	0.09	0.113807
33	4.58575	363.5254	0.09	0.113774
36	5.060085	363.8455	0.09	0.113739
39	5.544931	364.1656	0.09	0.113701
42	6.040521	364.4857	0.09	0.113661
45	6.547093	364.8058	0.09	0.113618
48	7.064889	365.1259	0.09	0.113573
51	7.59416	365.4461	0.09	0.113525
54	8.135158	365.7662	0.09	0.113475
57	8.688145	366.0863	0.09	0.113421
60	9.253385	366.4064	0.09	0.113365
63	9.83115	366.7265	0.09	0.113306
66	10.42172	367.0466	0.09	0.113244
69	11.02537	367.3667	0.09	0.11318
72	11.6424	367.6868	0.09	0.113112
75	12.2731	368.0069	0.09	0.11304
78	12.91778	368.327	0.09	0.112966
81	13.57675	368.6471	0.09	0.112888
84	14.25031	368.9672	0.09	0.112808
87	14.93881	369.2873	0.09	0.112723
90	15.64255	369.6074	0.09	0.112635
93	16.36189	369.9275	0.09	0.112544
96	17.09718	370.2477	0.09	0.112448
99	17.84875	370.5678	0.09	0.112349
102	18.61698	370.8879	0.09	0.112247
105	19.40223	371.208	0.09	0.11214
108	20.20488	371.5281	0.09	0.112029
111	21.02532	371.8482	0.09	0.111914
114	21.86394	372.1683	0.09	0.111795
117	22.72114	372.4884	0.09	0.111672
120	23.59734	372.8085	0.09	0.111544
123	24.49295	373.1286	0.09	0.111412
126	25.40841	373.4487	0.09	0.111275
129	26.34415	373.7688	0.09	0.111133
132	27.30063	374.0889	0.09	0.110986
135	28.2783	374.409	0.09	0.110835
138	29.27763	374.7292	0.09	0.110679
141	30.29911	375.0493	0.09	0.110517
144	31.34323	375.3694	0.09	0.11035
147	32.41048	375.6895	0.09	0.110178
150	33.50138	376.0096	0.09	0.11
153	34.61646	376.3297	0.09	0.109816
156	35.75624	376.6498	0.09	0.109627
159	36.92128	376.9699	0.09	0.109432
162	38.11213	377.29	0.09	0.10923
165	39.32937	377.6101	0.09	0.109023
168	40.57359	377.9302	0.09	0.108809
171	41.84538	378.2503	0.09	0.108589
174	43.14534	378.5704	0.09	0.108361
177	44.47412	378.8905	0.09	0.108128
180	45.83233	379.2106	0.09	0.107887
183	47.22065	379.5308	0.09	0.107639
186	48.63973	379.8509	0.09	0.107383
189	50.09025	380.171	0.09	0.10712
192	51.57291	380.4911	0.09	0.10685
195	53.08843	380.8112	0.09	0.106572
198	54.63753	381.1313	0.09	0.106285
201	56.22096	381.4514	0.09	0.105991
204	57.83948	381.7715	0.09	0.105688
207	59.49386	382.0916	0.09	0.105376
210	61.18489	382.4117	0.09	0.105055

