

для получения или необходимых данных в заданном формате. Одновременно выполнено проектирование комплекса программ, позволяющих на предварительной стадии решать задачу выбора оптимальных параметров регулирующей осушительно-увлажнительной сети методом системного анализа для условий конкретной мелиоративной системы. На стадии физического проектирования определены форматы хранимых записей, произведен выбор размеров блоков, размещение записей на физических носителях, выбраны пути доступа к данным. Программный комплекс ориентирован на автоматизированное проектирование параметров регулирующей осушительно-увлажнительной сети в диалоговом режиме с персональными компьютерами типа IBM PC AT или другими совместными компьютерами при использовании операционной системы "Windows-95" или программных оболочек "Windows 3.1" и "Windows 3.11". Конфигурация компьютера должна отвечать требованиям вышеназванных операционных систем к аппаратной части ПЭВМ. Комплекс обеспечивает возможность, с использованием графического интерфейса, оперативно и с достаточной точностью получать необходимую информацию о расчетных параметрах регулирующей сети, а на различных этапах расчетов вести автоматизированный контроль входной и выходной информации, исключающий ошибки и грубые просчеты как в определении расчетных величин, так и в подготовке исходных данных. Для размещения и работы программного комплекса требуется 25Mb свободного дискового пространства.

Для обслуживания программного комплекса формируется база данных следующей структуры: мощность и водопроницаемость пахотного слоя; основные характеристики параметров дренажных труб (керамических, пластмассовых, трубофильтров и др.); уровни грунтовых вод и слои затопления к началу предпосевного периода; коэффициенты учета химических и механических свойств почвогрунтов и степени их оглеения; характеристики рулонных фильтрующих материалов; атмосферные осадки за предпосевной, летне-осенний и теплый периоды, их внутригодовое распределение; испарение за теплый период и его внутрисезонное распределение. База данных может пополняться, при необходимости, корректироваться и использоваться при решении всего комплекса задач программного пакета.

В качестве нормативной базы использованы методики А.И. Мурашко и А.И. Ивицкого [2], включенные в официальное Руководство по проектированию и изысканиям объектов мелиоративного и водохозяйственного строительства в Беларуси [2]. Расчетные методики основаны на использовании метода фильтрационных сопротивлений.

В алгоритме содержится технологическая последовательность фильтрационного расчета дренажа, которая включает: составление расчетной фильтрационной схемы; установление расчетных периодов и сроков, расчетного напора, коэффициентов водоотдачи, интенсивности инфильтрационного питания; расчет фильтрационных сопротивлений дрен по характеру вскрытия пласта; расчет расстояний между дренами.

Расчетные схемы при определении параметров дренажа составлены с учетом следующих условий: по конструкции регулирующая сеть может быть принята как открытая, так закрытая; в конструкции и материалах труб и фильтров открытого дренажа могут использоваться керамические, пластмассовые трубы, трубофильтры и др; дренажная сеть может работать в режиме осушения и увлажнения; режим фильтрационного потока может быть установившимся и неустановившимся; за расчетный критический период принимаются весенний, летне-осенний периоды; изменение уровней грунтовых вод осуществляется при заданном понижении и допу-

стимом подъеме; по литологическому строению почвогрунтов дренаж проектируется в однородных, двуслойных, трехслойных, а также в грунтах со слабопроницаемыми прослойками; размещение в плане дренажных линий осуществляется с учетом и без учета влияния проводящей сети.

Исходя из алгоритма, принята блочная структура программного комплекса: 1 – Моделирование литологического строения; 2 – Моделирование климатических и гидрологических условий; 3 – Расчет фильтрационных сопротивлений дренажных труб и защитных фильтров; 4 – Фильтрационные расчеты дренажа.

В блоке 1 создается расчетная фильтрационная схема и выбирается методика. При этом, возможно приведение расчетной схемы к наиболее близкому типовому варианту гидрогеологических условий (рисунок 1). Схема может охватывать всю мелиорируемую площадь или ее фрагменты (однотипные участки по строению и структуре фильтрационных потоков, условиям питания, геофильтрационным характеристикам водоносных горизонтов, геометрическому строению областей фильтрации, водоносного пласта, водоупорного ложа пласта, с учетом присущих выделенному локальному участку геологическим особенностям и др.) За верхнюю границу фильтрационной схемы принимается поверхность почвогрунтов, за нижнюю – водоупор или кровля мощного напорного горизонта. Водоупор, как правило, принимается в виде горизонтальной плоскости, осредняющей отметку заданного участка.

Геологическое строение схематизируется с приведением многослойного пласта к одно-, дву-, трех- (и более) слойной среде, рассекаемой горизонтальными плоскостями. При этом, определяется мощность и водно-физические характеристики расчетных слоев, а также средние (для рассматриваемого участка) интенсивности инфильтрации и подпитывания снизу.

В блоке 2 для весеннего и летне-осеннего периодов обрабатывается комплекс информации, включающий внутригодовое распределение атмосферных осадков и суммарного испарения, оценку запасов воды в снеге на начало снеготаяния, слоя затопления почвы водой и моделирование режима грунтовых вод (рисунок 2). Расчеты на *весенний период* выполняются, исходя из условия обеспечения необходимого для проектного севооборота норм осушения к началу полевых работ и вегетации растений. Рассматривается два варианта водного режима: при отсутствии затопления поверхности поля и расположения уровня грунтовых вод (УГВ) на некоторой глубине к началу расчетного периода; при полном насыщении почвы водой с затоплением поверхности. Расчеты на *летне-осенний период* производятся с целью обеспечения нормы осушения при выпадении интенсивных дождей или обеспечения необходимой скорости освобождения пахотного слоя почвы от гравитационной воды за 1...3 суток.

В блоке 3 анализируются данные о параметрах дренажных труб (диаметр, длина, размеры стыковых зазоров, форма, размер и расположение перфораций, коэффициент фильтрации стенок трубофильтров) и защитных фильтров (поперечный и продольный коэффициент фильтрации, толщина, схема укладки); на их основе рассчитываются фильтрационные сопротивления (рисунок 3).

В общем случае, фильтрационное сопротивление определяется по зависимости [2]

$$L_{нд} = \alpha \cdot \psi_{\phi} + C_i \cdot \left(1 - \alpha + \frac{k}{k_{\phi}} \cdot \alpha \right), \quad (1)$$

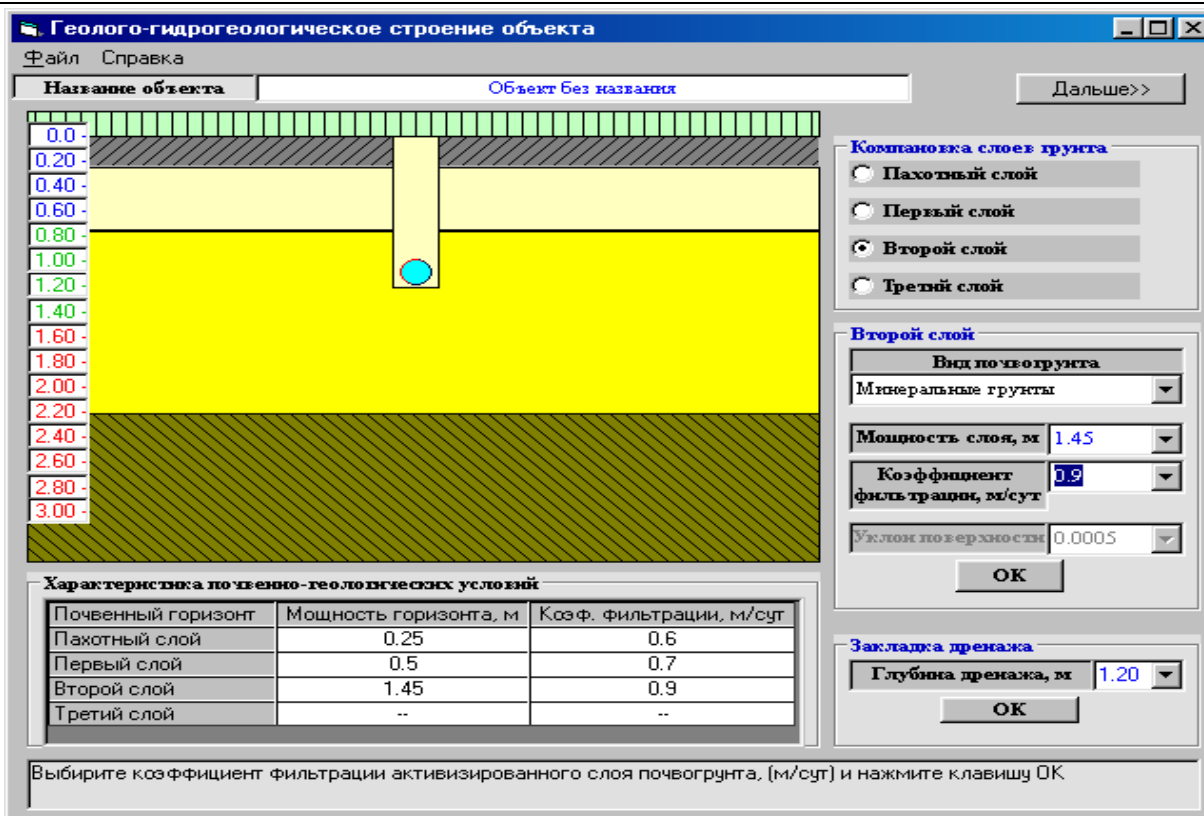


Рисунок 1. Геолого-гидрогеологическое строение объекта.

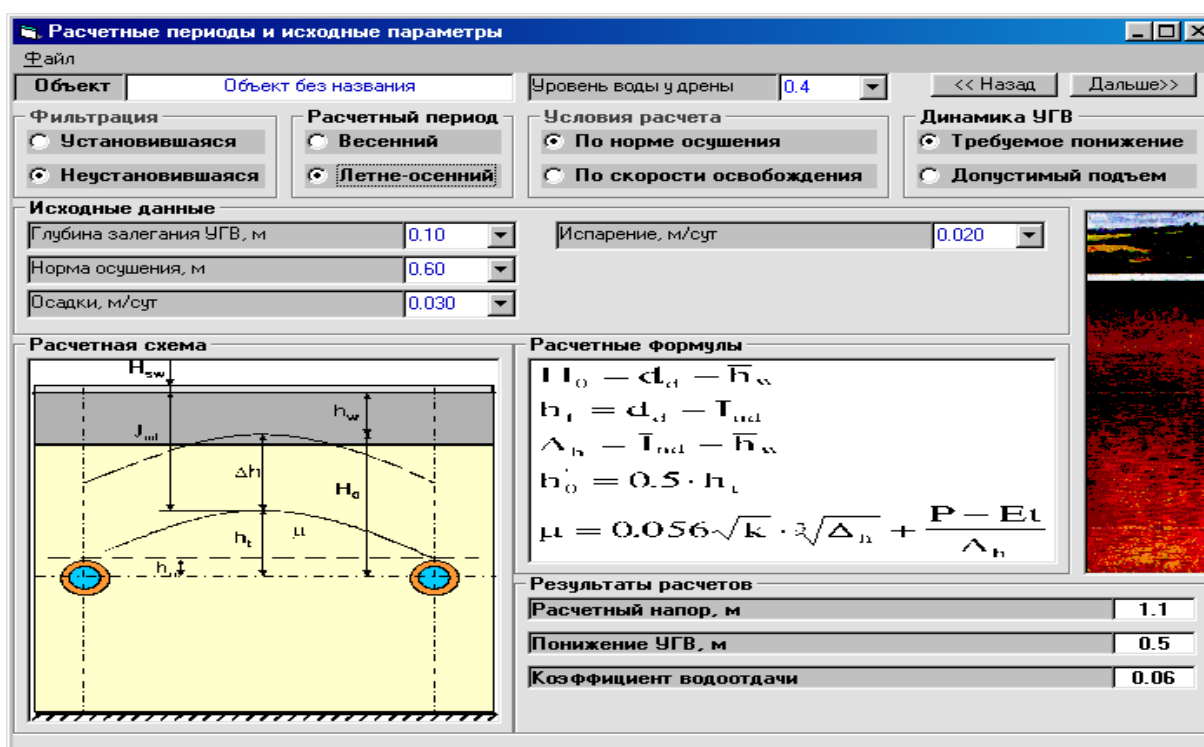


Рисунок 2. Расчетные периоды и исходные параметры.

где $0 \leq \alpha \leq 1$ – коэффициент, учитывающий схему укладки фильтра; при отсутствии фильтра ($\alpha=0$), при круговом фильтре ($\alpha=1$); ψ_ϕ – приращения (положительные или отрицательные) безразмерных фильтрационных сопротивлений, обусловленные влиянием фильтра,

$$\psi_\phi = \left(\frac{k_f}{k_\phi} - 1 \right) \cdot \ln \frac{D + 2 \cdot \delta}{D}, \quad (2)$$

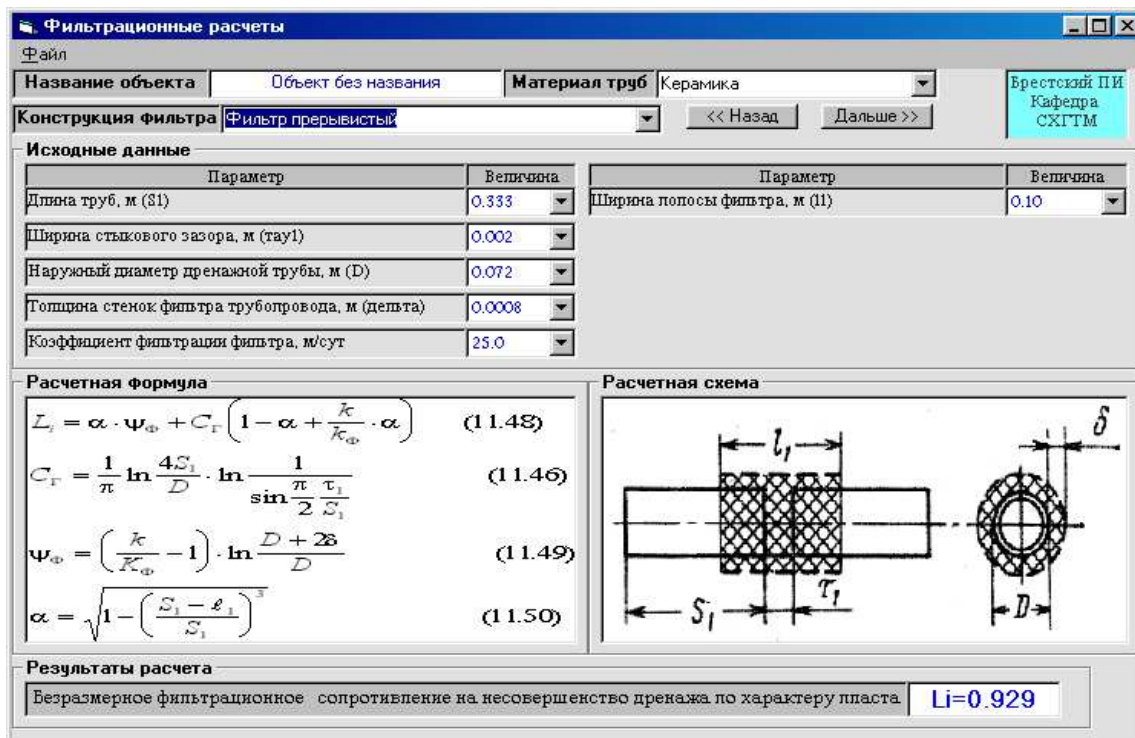


Рисунок 3. Фильтрационные расчеты.

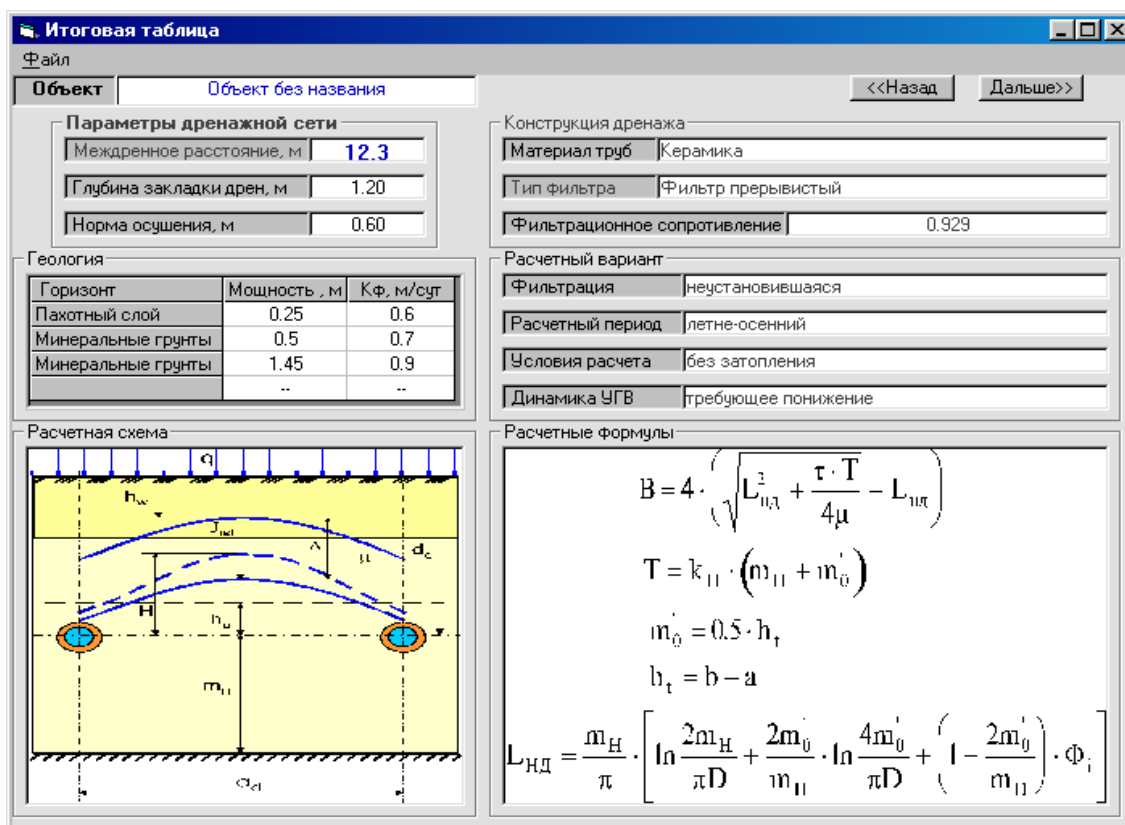


Рисунок 4. Итоговая таблица (междреннее расстояние - 12,3 м; глубина закладки дрены - 1,2 м; норма осушения - 0,6 м).

где k_f – коэффициент фильтрации грунта, м/сут; k_{ϕ} – коэффициент фильтрации материала фильтра, м/сут; D – наруж-

ный диаметр дренажной трубы, м; δ – толщина фильтра стенок трубофильтра, м.

В блоке 4 выполняются фильтрационные расчеты при определении собственно расстояний между дренами, исходя

из принятой фильтрационной схемы, при обеспечении требуемой интенсивности снижения уровня грунтовых вод методами установившейся и неуставившейся фильтрации [2]:

при установившейся фильтрации –

$$B = 4 \cdot \left(\sqrt{L_{нд}^2 + \frac{H \cdot T}{2 \cdot q}} - L_{нд} \right), \quad (3)$$

при неуставившейся фильтрации –

$$B = 4 \cdot \left(\sqrt{L_{нд}^2 + \frac{\tau \cdot T}{2 \cdot \mu}} - L_{нд} \right), \quad (4)$$

где $L_{нд}$ – суммарное фильтрационное сопротивление по степени и характеру вскрытия водоносного пласта, определяемое начальными и граничными условиями фильтрации; H – расчетный напор, м; T – проводимость пласта, м²/сут; q – интенсивность инфильтрации питания, м/сут; τ – время стабилизации, сут; μ – коэффициент водоотдачи.

Реальная работа мелиоративной сети характеризуется неуставившимся режимом грунтовых вод, поэтому междренные

УДК 574:681.3.06

В.В. Цыганок

ОСОБЕННОСТИ МАШИННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ СЛОЖНЫХ ПРИРОДНЫХ СИСТЕМ

Решение водохозяйственных задач, связанных с проектированием и эксплуатацией водохозяйственных объектов возможно при наличии специальной и достоверной информации, соответствующих методик её анализа на базе компьютерных технологий. В настоящее время, проблемы решаются некомплексно в инициативном порядке различными заинтересованными организациями при отсутствии отраслевого стандарта, что приводит к дублированию программного обеспечения и баз данных, без учета необходимости обмена ими между участниками водохозяйственного комплекса страны. Например, инвентаризация гидромелиоративных систем уже завершается, а единая методика хранения, систематизации, представления и статистической обработки полученной информации пока отсутствует, что затрудняет дальнейшую её обработку, исследование и использование при решении прикладных задач.

При внедрении компьютерных технологий необходимо иметь в виду, с одной стороны, неограниченные возможности использования компьютеров с большим спектром разрешения, с другой, - отсутствие опыта перевода информации со старых машин на новые носители. Сегодня имеет место опасность потери накопленных на электронных носителях водохозяйственных и гидрологических данных. Проблема усугубляется одномоментным и повсеместным выводом из эксплуатации машин старого поколения. В нынешней экономической ситуации, задача сохранения, пополнения и эффективного прикладного использования имеющейся по водохозяйственным объектам и системам информации является не только актуальной, но и жизненно необходимой.

При машинном моделировании сложных природных систем необходимо учитывать одновременность протекания различных физических процессов, каждый из которых оказывает влияние на другие, в результате чего сложность создания расчетных комплексов значительно возрастает. Однако, в силу того, что большинство из описываемых процессов имеют относительно большое время протекания, можно разбить систему на группу модулей, каждый из которых описывает

расстояния предпочтительнее рассчитывать методом неуставившейся фильтрации.

Разработанная версия программного комплекса “Дренаж” позволяет в автоматизированном режиме при многовариантной проработке проектных решений обосновать конструкцию и режим работы горизонтального материального дренажа; повысить качество проектирования и сократить на 30 % затраты труда на вычислительные операции (рисунок 4).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. СНиП 2.06.03-85. Мелиоративные системы и сооружения/Госстрой СССР.–М.:ЦИТП Госстроя СССР, 1986. – 60 с.
2. Руководство по проектированию и изысканиям объектов мелиоративного и водохозяйственного строительства в Белорусской ССР (РПИ-82). Часть II. Осушительные и осушительно-увлажнительные системы. Книга I. Осушительные системы самотечные. – Мн.: Белгипроводхоз, 1985. – 280 с.

отдельно протекающий процесс независимо от других. При подборе соответствующего временного шага и оперировании каждым из модулей (общим полем данных), можно получить картину распределения используемых величин, весьма близкую к реально наблюдаемым параметрам.

Следует отметить, что данный подход упрощает процесс описания всей системы, в целом, т.к. позволяет отлаживать каждый из программных модулей независимо от других. Фактически, каждый из данных модулей, должен рассчитывать изменение параметра за один временной шаг моделирования, в зависимости от значений других параметров на предыдущем временном шаге модели. Следовательно, задав все значения параметров в начальный момент времени, путем последовательных итераций можно охарактеризовать состояние системы в указанный момент времени с погрешностью, приемлимой для определенных физико-математических моделей.

Для задания начальных параметров наблюдений, своевременной корректировки используемых моделей, необходимо вести базу данных наблюдаемых или восстановленных параметров. Опираясь на нее, можно своевременно вносить изменения в расчетные коэффициенты с целью приближения моделируемых величин к реально наблюдаемым процессам.

Исходя из вышесказанного, можно предложить модульную структуру вычислительной системы, показанную на рисунке.

Общее поле памяти системы содержит в себе численные значения расчетных и наблюдаемых параметров на предыдущем и текущем шаге итерационных вычислений. После выполнения каждого расчетного шага, вновь рассчитанные параметры копируются в поле предыдущей итерации. Кроме того, внутри него находятся системные переменные, содержащие текущее модельное время, временной шаг, поправочные коэффициенты для различных географических координат, а также, возможно, набор других, общих для расчетных модулей, данных.

Программный модуль моделирования процесса содержит в себе программный код, необходимый для моделирова-