

УДК 626.86:626.82

В. Н. Щедрин, А. Л. Кожанов

АЛГОРИТМ РАСЧЕТА СОВМЕЩЕННОЙ ЗАКРЫТОЙ ОСУШИТЕЛЬНО-УВЛАЖНИТЕЛЬНОЙ СЕТИ В СОСТАВЕ ОСУШИТЕЛЬНО-УВЛАЖНИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

Введение. В настоящее время в Российской Федерации основные фонды осушительных систем в среднем изношены на 57,6 % согласно данным В. Н. Щедрин, С. М. Васильева и Г. Т. Балакай [1].

В гумидной зоне, где преобладают территории с избыточным увлажнением важнейшим направлением восстановления и последующего развития мелиорации является создание современных осушенных территорий, строительство которых необходимо реализовывать учетом вопросов интенсификации производства [2]. На современном этапе развития для повышения эффективности в мелиоративной отрасли необходимо применение комплекса результатов прикладных и концептуальных исследований [3].

Создание современных осушаемых массивов повлечет за собой разработку новых решений ресурсосберегающих осушительно-увлажнительных систем, позволяющих аккумулировать дренажный сток для повторного применения при увлажнении осушенных земель [4–6].

Для мелиоративной отрасли в последнее время усилилась разработка и совершенствование программных комплексов, калькуляторов расчета, программ автоматизированного проектирования [7–10] и решения трудоемких и сложных задач расчетов, таких как IrriExpress [11], IrriMaker [12] и для решения узкоспециализированных задач по определению параметров спринклерной системы [13] или при определении показателей в микроорошении [14], а также для оценки инфильтрации [15].

Проектирование элементов, совмещенных закрытых осушительно-увлажнительных систем, является трудоемким процессом, содержащим последовательный подбор принимаемых диаметров коллекторов с нарас-

тающей водосборной площади и расчетом пропускной способности принимаемых диаметров коллекторов. Далее следует расчет диаметров, подающих совмещенных напорных трубопроводов с постепенным уменьшением диаметров за счет постепенного разбора оросительной воды дождевальными машинами. Полученные расчеты в свою очередь могут являться исходными данными для производства графической части разрабатываемого проекта осушительно-увлажнительной системы.

Автоматизация процесса расчета с применением программного обеспечения позволит ускорить сам процесс расчета, рассчитать несколько вариантов и выбрать наилучший, избавиться от ошибок, в следствии воздействия человеческого фактора [7].

Также разработка новых программ для электронно-вычислительных машин по расчету параметров элементов осушительно-увлажнительных систем, в частности закрытые коллекторы, дренажи, совмещенные трубопроводы, осушительные каналы и др., в дальнейшем позволят, при создании дополнительных программных продуктов, автоматизировать весь процесс создания осушительно-увлажнительных систем, что подтверждается высказываниями Васильева С. М. [10].

Занимаясь разработкой алгоритма, определено его направление, заключающееся в возможности расчета совмещенной закрытой осушительно-увлажнительной сети для отвода и подачи водных ресурсов на осушительно-увлажнительных системах, который может быть далее реализован в виде программы для выполнения работ по проектированию осушительно-увлажнительных систем.

В связи с вышеизложенным, целью исследований является разработка алгоритма расчета совмещенной закрытой осушительно-увлажнительной сети в составе осушительно-увлажнительных систем.

Материалы и методы. В качестве основного исходного материала, заключающегося в расчете закрытых коллекторов осушительных систем и

закрытых напорных трубопроводов, использовалась техническая литература [16–19]. Построение алгоритма производилось в соответствии с положениями ГОСТ 19.701-90 (ИСО 5807-85)¹.

Алгоритм расчета совмещенной осушительно-увлажнительной сети разработан для дальнейшего использования в программной среде Python, который используется в различных сферах IT, а также может использоваться в Microsoft Excel.

Результаты и обсуждение. В состав любой совмещенной осушительно-увлажнительной сети входят закрытые коллекторы различных порядков и совмещенные осушительно-увлажнительные трубопроводы, выполняющие одновременно роль коллекторов и подающих трубопроводов. В связи с чем расчет данной сети обязательно включает расчет закрытых коллекторов (трубопроводов), работающих на отвод дренажного стока и расчет трубопроводов при подаче расчетного расхода с необходимым напором для дождевальных машин. Одним из обязательных процессов в данном расчете является сопоставление расчетных диаметров совмещенных трубопроводов, работающих как для отвода дренажного стока, так и для подачи воды для увлажнения дождевальными машинами.

Расчет закрытых осушительных коллекторов заключается в определении величин поперечных сечений (диаметров) коллекторов, зависящих от постоянного увеличения водосборной площади. В разработке настоящего алгоритма нами принято, что дренажный коллектор при отводе дренажного стока работает в безнапорном режиме полным сечением. В настоящее время в современных осушительно-увлажнительных системах имеет место применение коллекторов и подающих трубопроводов из пластмассовых или прочих (стеклопластиковые и др. современные материалы) труб с начальным внешним диаметром 90 мм и далее согласно сортамента принятых труб

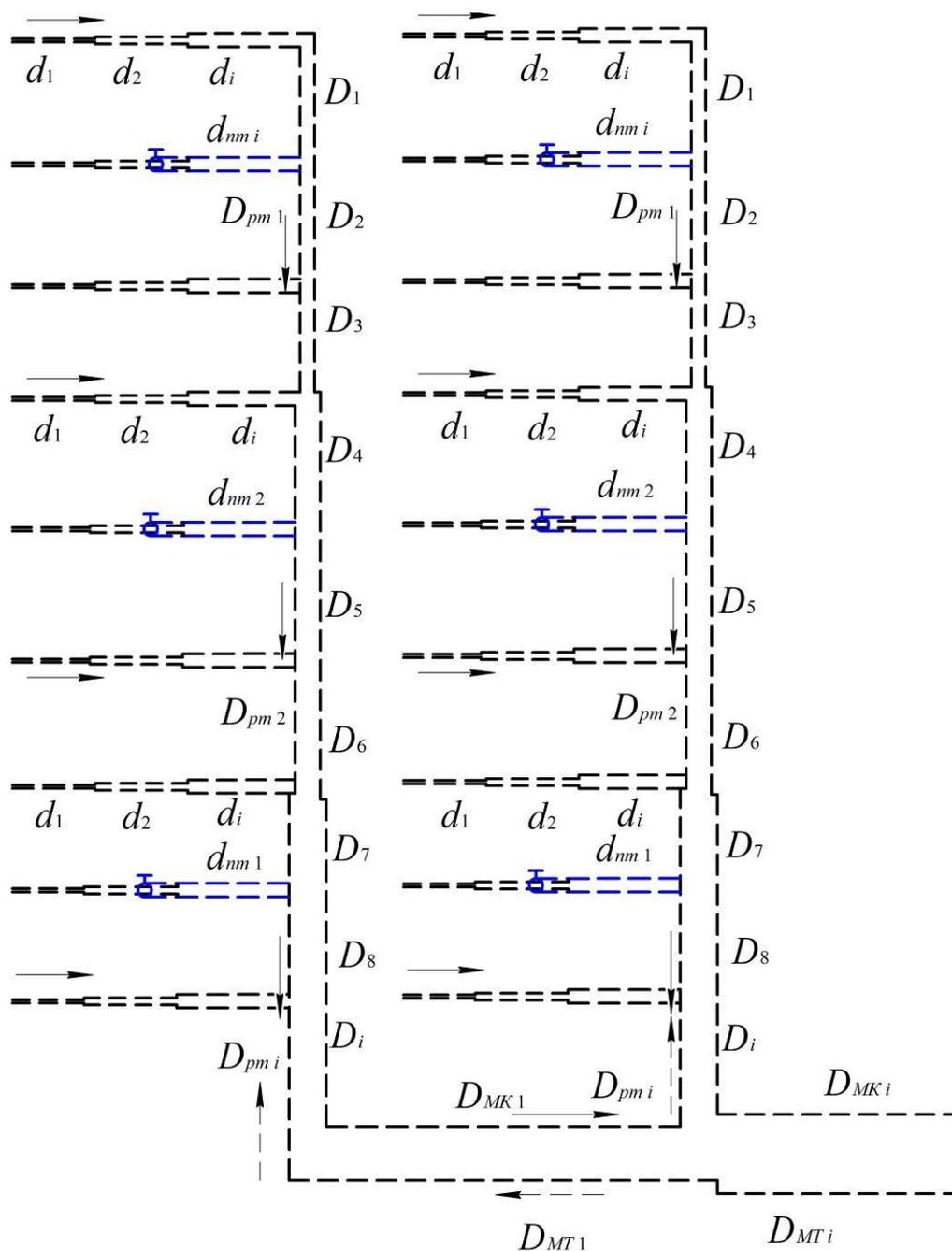
¹ ГОСТ 19.701-90 (ИСО 5807-85) Единая система программной документации. Схемы алгоритмов, программ, данных и систем. Обозначения условные и правила выполнения

(110, 125, 150 мм и далее). Расчет совмещенной осушительной сети выполняется от истока к устью и определяются точки перехода меньшего диаметра на больший, согласно принятой схемы расчета, зависящей от конструкции осушительно-увлажнительной сети. В результате расчета определяются длины и диаметры коллекторов [20]. Схема расчета совмещенной закрытой осушительно-увлажнительной сети приведена на рисунке 1 [20].

Гидравлический расчет закрытой осушительно-увлажнительной сети (оросительной) для работы в увлажнительном режиме заключается в определении диаметров в зависимости от расчетного расхода и допустимых скоростей. Расчет также необходимо проводить согласно принятой схемы расчета, зависящей от конструкции осушительно-увлажнительной сети, на которой обозначаются участки трубопроводов с различными расходами, зависящими от количества подключаемых дождевальных машин к определенному участку трубопровода. Расчет трубопроводов, работающих на увлажнение, начинается с определения расходов и диаметров тупиковых полевых трубопроводов, от которых питаются непосредственно дождевальные машины, далее в направлении насосной станции по участкам с учетом КПД трубопроводов.

Далее проводится сопоставление диаметров, требуемыми для подачи воды, с расчетными диаметрами коллекторов для отвода дренажного стока по участкам и принимается наибольший. На первоначальном этапе разработки общего алгоритма расчета совмещенной закрытой осушительно-увлажнительной сети были составлены порядок расчета длин участков коллекторов по принятым диаметрам в виде алгоритма.

При этом расчетные зависимости использовались из [16–18], и порядок расчета диаметров увлажнительных трубопроводов в виде алгоритма, при этом расчетные зависимости использовались из [18, 19]. Для вывода результатов расчета предложена нижеследующая форма (рисунок 2).



D_{MT1}, D_{MTi} – диаметры магистральных трубопроводов; D_{MK1}, D_{MKi} – диаметры магистральных коллекторов; $D_{pm1} - D_{pmi}$ – диаметры распределительных трубопроводов; $D_1 - D_i$ – диаметры коллекторов первого порядка; $d_{nm1} - d_{nmi}$ – диаметры полевых трубопроводов; d_1, d_2, \dots, d_i – диаметры коллекторов второго порядка; стрелками показано направление движения водных ресурсов: сплошной – отвод; штриховой – подача

Рисунок 1 – Схема к расчету совмещенной осушительно-увлажнительной сети [20]

Разработанный алгоритм совместного расчета совмещенной закрытой осушительно-увлажнительной сети приведен на рисунке 3.

Уча- сток	Длина участка совмещен- ного кол- лектора второго по- рядка, м	Длина участ- ка совме- щенного коллектора второго по- рядка нара- стающим ито- гом, м	Принятый наружный диаметр сов- мещенного коллектора второго по- рядка d_{np} , мм	Принятый наружный диа- метр совме- щенного кол- лектора перво- го порядка D_{np} , мм	Принятый наружный диаметр сов- мещенного магистраль- ного коллектора D_{Mnp} , мм
1					
2					
...					
n					

Рисунок 2 – Данные расчета диаметров совмещенной осушительно-увлажнительной сети

Принятые обозначения на рисунке 3: n – коэффициент шероховатости, $n = 0,011–0,013$; i – уклон дна коллектора; q – интенсивность инфильтрационного питания, м/сут; n_{dm} – количество дождевальных машин, ед.; Q_{dm} – расход дождевальной машины, м³/с; η_{nm} – КПД полевого трубопровода; η_{pm} – КПД распределительного трубопровода; η_{MT} – КПД магистрального трубопровода; v_0 – оптимальная скорость движения воды в трубопроводе, м/с; d – диаметры коллекторов второго порядка, м; D – диаметры коллектора первого порядка, м; D_{MK} – диаметры магистрального коллектора, м; l_d – длина дрены, м; L – длина коллектора второго порядка, м; m – количество участков, ед.; y – показатель степени, определяется по формуле: $y = 1,5\sqrt{n}$; q_d – модуль дренажного стока, л/(с·га); R – гидравлический радиус, м; C – скоростной коэффициент, м^{0,5}/с; ω – площадь живого сечения, м²; Q_i – расход i -го участка коллектора, м³/с; F_i – площадь дренажа, обслуживаемая коллектором с принятым диаметром, м²; $l_{yчi}$ – длина i -го участка коллектора, м; q_k – расход коллектора второго порядка, м³/с; Q_{pi} – расчетный расход i -го участка коллектора; Q_{nm} – расход полевого трубопровода, м³/с; d_{nm} – диаметр полевого трубопровода, м; Q_{pm} – расход распределительного трубопровода, м³/с; D_{pm} – диаметр распределительного трубопровода, м; Q_{MT} – расход ма-

гистрального трубопровода, $\text{м}^3/\text{с}$; D_{MT} – диаметр магистрального трубопровода, м; d_{np} – принятый диаметр совмещенного полевого трубопровода, м; D_{np} – принятый диаметр совмещенного распределительного трубопровода, м; D_{Mnp} – принятый диаметр совмещенного магистрального трубопровода, м.

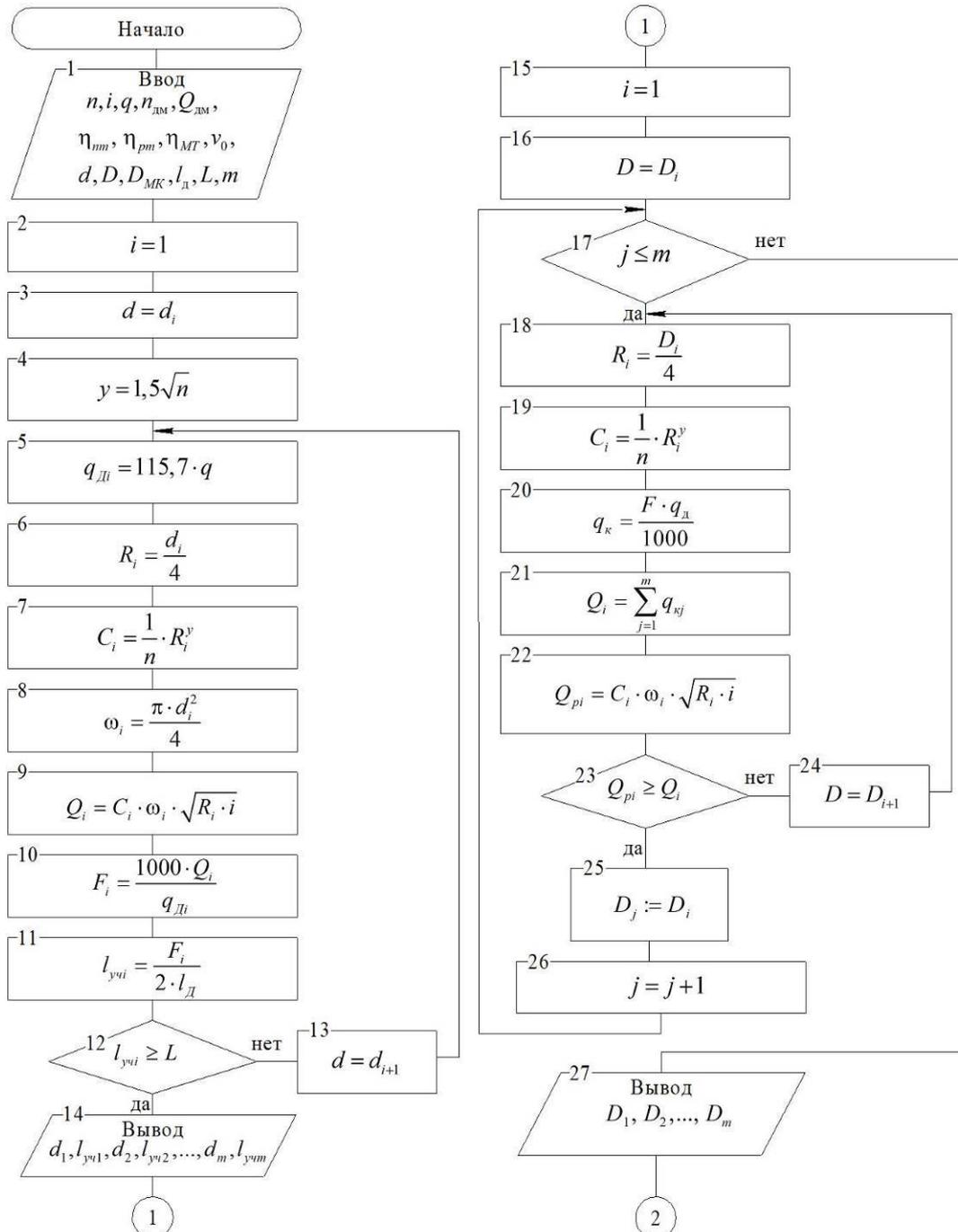


Рисунок 3 – Алгоритм расчета совмещенной осушительно-увлажнительной сети, лист 1

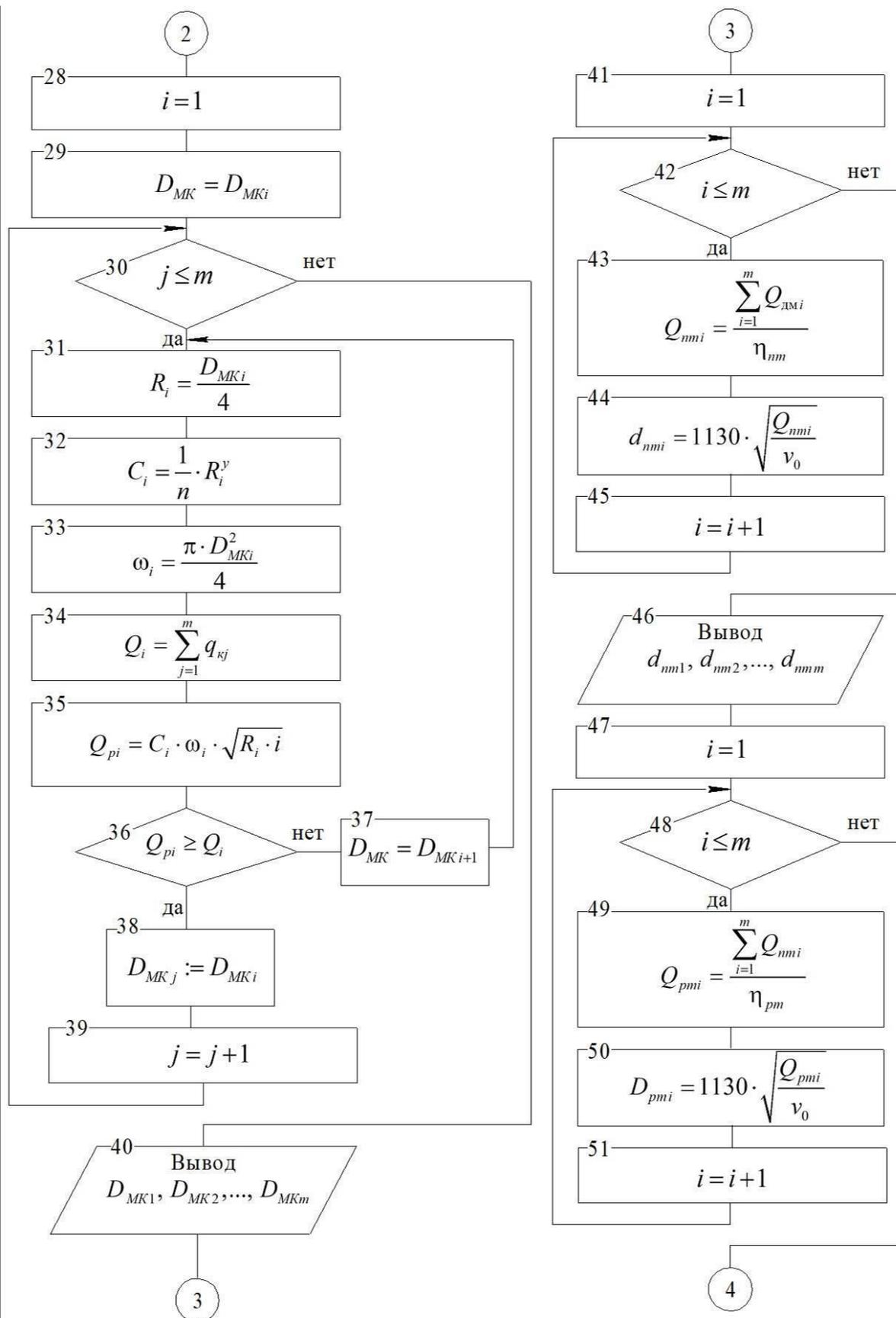


Рисунок 3 – Алгоритм расчета совмещенной осушительно-увлажнительной сети, лист 2

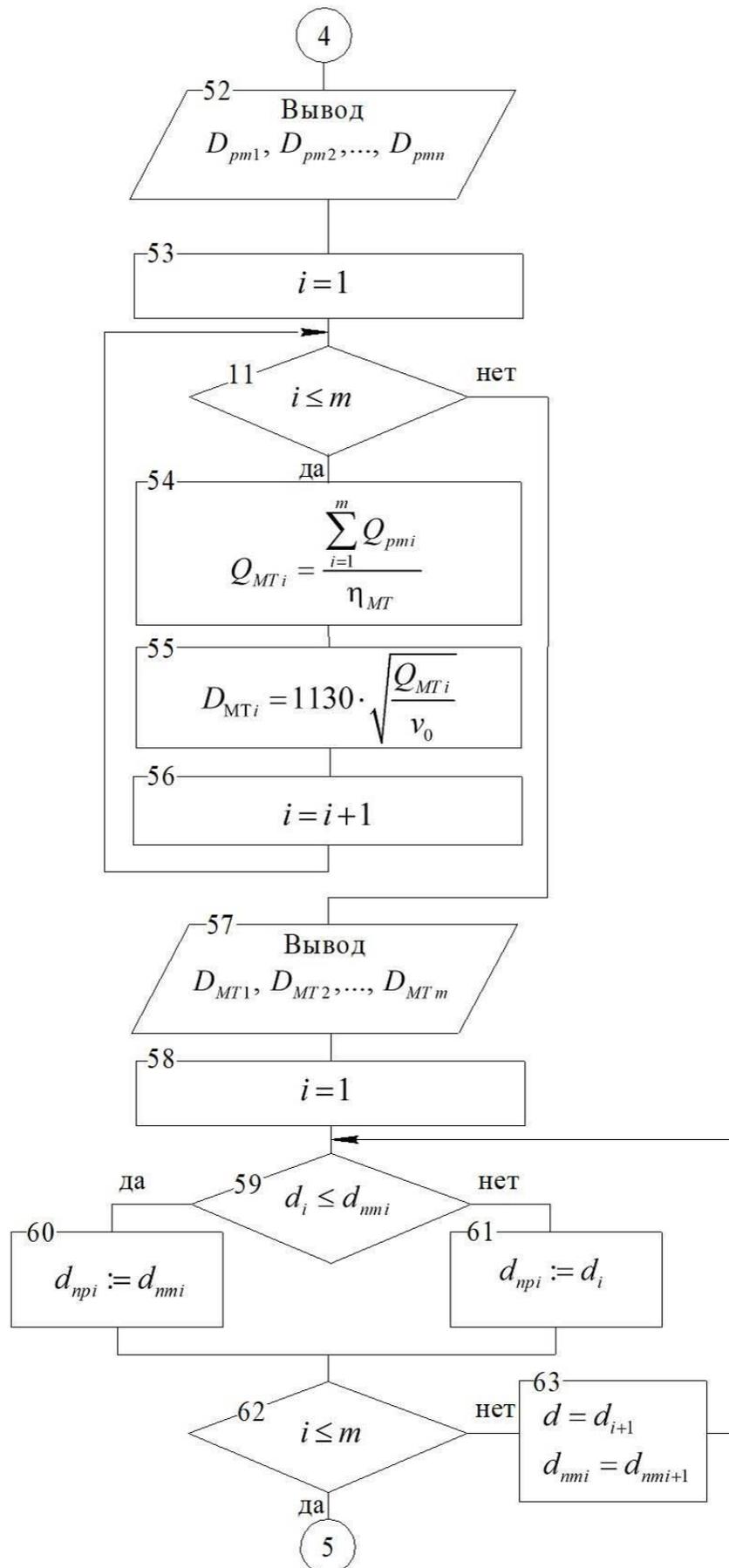


Рисунок 3 – Алгоритм расчета совмещенной осушительно-

увлажнительной сети, лист 3

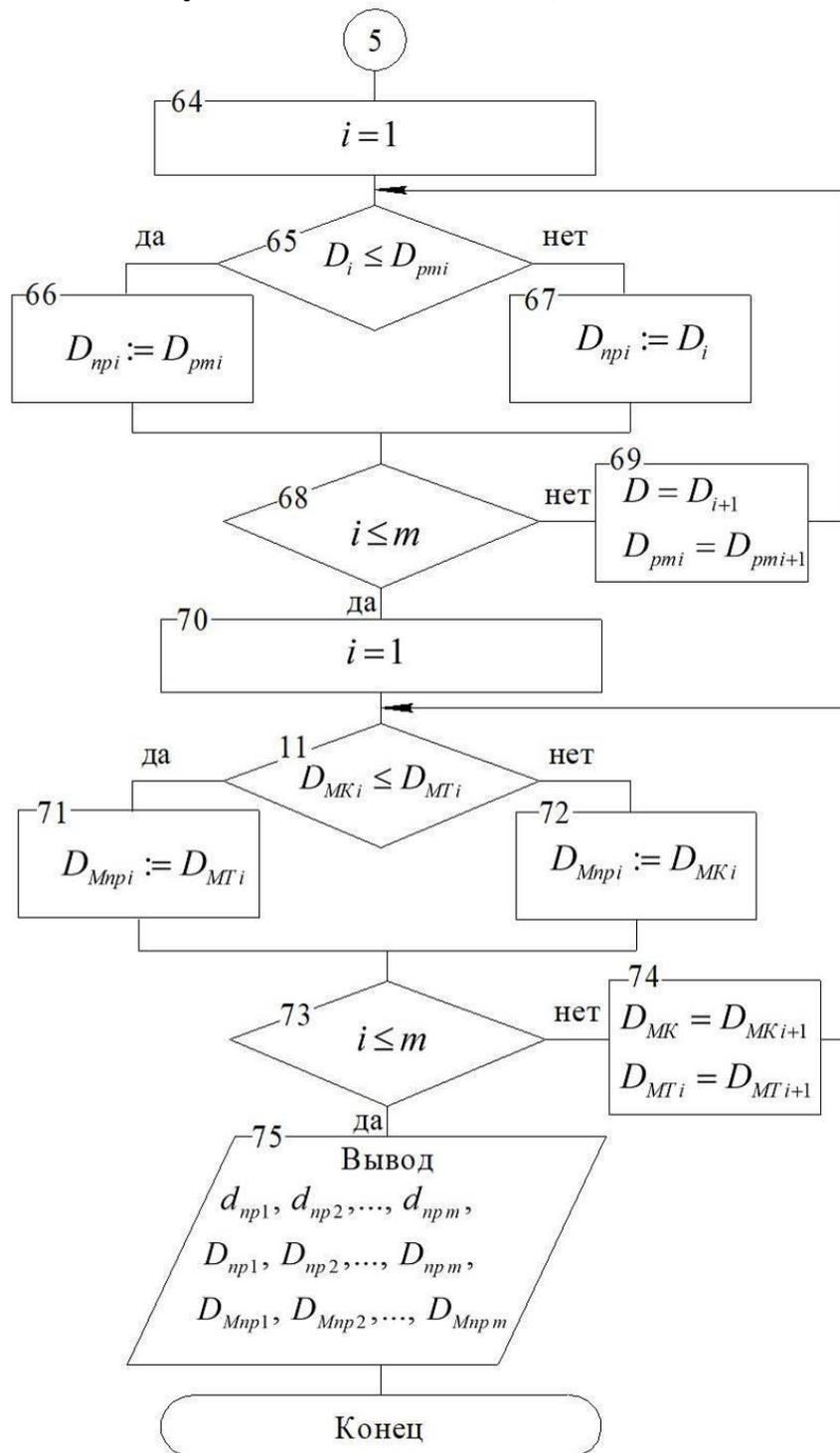


Рисунок 3 – Алгоритм расчета совмещенной осушительно-увлажнительной сети, лист 4

Первый блок алгоритма отвечает за ввод данных, необходимых для расчета совмещенной осушительно-увлажнительной сети.

Второй и третий – присвоение номера и принятого диаметра коллектора второго порядка. Блоки четыре – тринадцать расчет длин участков коллекторов второго порядка с принятыми диаметрами.

Четырнадцатый блок отвечает за вывод результатов расчета закрытых коллекторов принятого диаметра и дин каждого участка с принятым диаметром.

Пятнадцатый и шестнадцатый – присвоение номера участка коллектора первого порядка. Блоки семнадцать – двадцать шесть расчет диаметров участков коллекторов первого порядка.

Двадцать седьмой блок отвечает за вывод результатов расчета диаметров закрытых коллекторов первого порядка.

Двадцать восьмой и двадцать девятый присвоение номера участка магистрального коллектора.

Функционал блоков 30–39 заключается в расчете основных параметров участков магистральных коллекторов.

Блок 40 отвечает за вывод результатов расчета диаметров участков магистральных коллекторов.

Блок 41 – присвоение номера полевого совмещенного увлажнительного трубопровода. Функционал блоков 42–45 заключается в расчете диаметров полевых совмещенных увлажнительных трубопроводов. Блок 46 отвечает за вывод результатов расчета диаметров полевых совмещенных увлажнительных трубопроводов.

Блоки 48–51 отвечают за расчет диаметров распределительных совмещенных увлажнительных трубопроводов. Блок 52 – вывод результатов расчета диаметров распределительных совмещенных увлажнительных трубопроводов.

Блоки 54–56 отвечают за расчет диаметров магистральных совмещенных увлажнительных трубопроводов. Блок 57 – вывод результатов

расчета диаметров магистральных совмещенных увлажнительных трубопроводов.

Блоки от 59 до 74 отвечают за согласование и сопоставление расчетных диаметров коллекторов различного порядка и увлажнительных трубопроводов и подбираются принятые диаметры. Диаметр любого из участков принимается наибольший из расчетных участков коллектора либо увлажнительного трубопровода, для обеспечения отвода и подачи водных ресурсов в необходимом объеме с расчетным расходом.

Последний 75 блок алгоритма отвечает за вывод окончательных результатов с принятыми диаметрами магистральных, распределительных и полевых (дренажных) участков совмещенной закрытой осушительно-увлажнительной сети – d_{np} , м; D_{np} , м; D_{Mnp} , м.

Выводы.

1 Основной сложностью в расчете совмещенной закрытой осушительно-увлажнительной сети является значительное количество проводимых операций расчетов участков сети как для отвода дренажного стока, так и для подачи воды на увлажнении, а также сопоставление расчетных диаметров по участкам с принятием наибольшего для обеспечения пропускания расчетных расходов.

2 Согласование диаметров дренажных коллекторов и увлажнительных (оросительных) трубопроводов совмещенной осушительно-увлажнительной сети является основой разработанного алгоритма для расчета сети существующих и вновь разрабатываемых новых конструктивных решений осушительно-увлажнительных систем.

3 Представленный алгоритм расчета совмещенной закрытой осушительно-увлажнительной сети позволяет разработать программное обеспечение с использованием различных программных средств.

4 Разработанный алгоритм может войти в состав структуры «Программного комплекса информационно-технологической поддержки моде-

лирования режимов регулирования водных ресурсов на осушительно-увлажнительных системах» в виде калькулятора расчета совмещенной закрытой осушительно-увлажнительной сети.