

УДК 626.82.001.57.001.63

С. М. Васильев, А. Л. Кожанов

Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск,
Российская Федерация

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ОСУШИТЕЛЬНОЙ ЧАСТИ МЕЛИОРАТИВНОЙ СИСТЕМЫ ДВОЙНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ВОДНОГО РЕЖИМА

Целью исследований являлась разработка функциональной модели автоматизированного процесса проектирования элементов осушительной части мелиоративной системы двойного регулирования водного режима. Для разработки модели применяли методологию функционального моделирования IDEF0. Разработана функциональная модель автоматизированной системы проектирования элементов осушительной части мелиоративной системы двойного регулирования водного режима, состоящая из двенадцати этапов: сбор данных по инженерным изысканиям, подготовка и ввод исходных данных, построение цифровой модели местности, расчет гидрологического режима, проектирование планового положения, анализ планового положения, проектирование вертикального положения, анализ вертикального положения, совместный анализ, расчет смет, выдача топографических карт и плана, выдача проектной документации и смет. Для каждого этапа указаны входные данные, предписывающая и ограничительная информация, вспомогательные материальные потоки, выходная информация и связи между этапами (ручные и автоматизированные). Разработанная функциональная модель позволяет, с учетом заданных условий, а также существующих и разрабатываемых новых программ для ЭВМ поэтапно провести проектирование элементов системы с нахождением оптимального варианта от сбора данных по инженерным изысканиям до выдачи проектной документации в минимально кратчайшие сроки. При соответствующей разработке новых современных программ для ЭВМ на основе данной модели, программ по расчету всех элементов осушительной части системы по каждому этапу, а также интеллектуальных программ по анализу результатов позволит полностью автоматизировать процесс проектирования.

Ключевые слова: проектирование, сооружения, мелиоративная система, двойное регулирование, функциональная модель, автоматизация.

S. M. Vasilyev, A. L. Kozhanov

Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk,
Russian Federation

PROCESS MODELING OF THE DRAINAGE ELEMENTS DESIGN OF RECLAMATION SYSTEM WITH DOUBLE WATER REGIME REGULATION

The aim of the research was to develop an automated process functional model for designing the drainage elements of reclamation system of double water regime regulation. The methodology of functional modeling IDEF0 was used in model development. An automated system functional model for designing drainage elements of reclamation system of double water regime regulation consisting of twelve stages was developed, namely, data collecting by engineering surveys, preparing and entering initial data, building a digital terrain

model, calculating the hydrological regime, designing the horizontal position, analyzing the horizontal position, designing the vertical position, analyzing the vertical position, joint analysis, cost estimates, delivering the topographic maps and plan, delivering project documentation and cost accounts. For each stage the input data, prescriptive and restrictive information, auxiliary material flows, output data and links between the stages (manual and automated) are indicated. The developed functional model allows to carrying out the design of the system elements step by step taking into account the specified conditions, as well as existing and developed new computer programs and to find the best option from collecting engineering survey data to delivering project documentation in the shortest possible time. With appropriate development of new computer programs on the basis of this model, programs for calculating all elements of the drainage part of the system at each stage, as well as intelligent programs for results analysis will allow computerizing the design process fully.

Key words: design, facilities, reclamation system, double regulation, functional model, automation.

Введение. Значительная часть земель сельхозназначения России характеризуется превышением количества атмосферных осадков над испарением, что в свою очередь влияет на расстановку приоритетов по выбору водных мелиораций в сторону осушения [1]. К тому же на данных территориях во время вегетации сельскохозяйственных культур наблюдаются засушливые периоды, что указывает на необходимость двустороннего регулирования водного режима [2]. Данные задачи решаются за счет применения осушительных систем двойного регулирования водного режима (двустороннего действия), обеспечивающих осушение корнеобитаемого слоя почвы во влажные, и увлажнение в засушливые периоды накопленным дренажным стоком.

Уже в XX веке электронно-вычислительные машины (ЭВМ) нашли свое применение при проектировании гидротехнических сооружений мелиоративного строительства. Периоды мелиоративного проектирования и строительства двадцатого века отвечали экономическим условиям и уровню развития ЭВМ того времени, степени изученности процессов динамики воды при осушении, ограниченным вычислительным возможностям, связанным с неразвитостью компьютерной техники, что предопределяло особенности методики принятия решений в мелиорации [3].

В настоящее время цифровых технологий назрела необходимость перехода на более высокую ступень – комплексную автоматизацию проек-

тирования и расчета гидротехнических сооружений, а в частности элементов осушительной части мелиоративной системы двойного регулирования водного режима [4].

Ранее, в основном большая часть проектных процедур при проектировании гидротехнических сооружений осуществлялась по нормативным показателям (выбор типа, структуры и значительной части параметров), а рассчитывались главным образом только параметры, к примеру, поперечного сечения проводящей сети (глубина, ширина канала, геометрические параметры коллектора) и расстояния между регулирующей сетью [5].

В большинстве случаев мелиоративные объекты проектировались с параметрами, которые обеспечивали осушение для любых вариантов сельскохозяйственного использования. Ограничения на сельскохозяйственное использование, например, вводились только для торфяных почв, но не из-за формирования водного режима мелиоративной сетью, а из экологических требований преимущественного использования их под травы для уменьшения интенсивности сработки.

Разработку автоматизированной системы проектирования необходимо проводить в следующей последовательности:

- постановка определенных задач;
- построение математических и функциональных моделей и их решение;
- программная реализация на современной компьютерной технике с применением современного программного обеспечения и оборудования [6].

Имеющиеся наработки по автоматизированному проектированию элементов осушительных систем двойного регулирования водного режима и системы в целом, которые уже разрабатывались ранее, не в полной мере отражают данный процесс для различных условий, поэтому устранение данного дефицита путем разработки функциональных моделей проектирования, программ расчета элементов, гидротехнических сооружений таких

систем для современной компьютерной техники является неотъемлемой задачей в условиях перехода на цифровую мелиорацию. В связи с этим целью данного исследования явилась разработка функциональной модели автоматизированного процесса проектирования осушительной части мелиоративной системы двойного регулирования водного режима.

Материалы и методы. Источниками научного исследования являлись известные разработки по процессам проектирования гидротехнических сооружений осушительных систем двойного регулирования водного режима, а также системы в целом по материалам известных научных деятелей в данной области, таких как П. Г. Фиалковский, Б. С. Маслов, Л. К. Левит-Гуревич, Е. М. Алышев, Н. П. Белозеров, В. Ф. Шебеко, А. И. Ивицкий, Г. И. Афанасик, И. В. Минаев, А. Ф. Щегловитов, А. И. Дунаев, Н. К. Вахонин и др. В ходе разработки функциональной модели применяли методологию функционального моделирования IDEF0 (integration definition for function modeling), которая используется для создания функциональных моделей, отображающих структуру и функции системы, а также потоки информации и материальных объектов, связывающих эти функции [7]. Методология IDEF0 создана на принципе SADT (Structured Analysis & Design Technique – метод структурного анализа и проектирования). Основу подхода методологии IDEF0 составляет графический язык описания (моделирования) систем¹.

Результаты и обсуждение. В состав элементов осушительной части системы входят каналы оградительной (нагорные, ловчие каналы), регулирующей и проводящей сети, дрена, коллекторы, гидротехнические сооружения (дамбы, устьевые сооружения, насосные станции, подпорные сооружения, шлюзы-регуляторы, смотровые колодцы и др.) и водоприемник.

Для автоматизации проектирования элементов осушительной части

¹ Информационные технологии поддержки жизненного цикла продукции. Методология функционального моделирования: Р 50.1.028-2001: введ. 01.07.02. – М.: Изд-во стандартов, 2001. – 85 с.

системы существует определенная иерархия задач [8]. Так в осушении после экономического планирования и водохозяйственных расчетов, определяющих рациональные объемы мелиоративных работ, должны следовать задачи выбора оптимального комплекса мелиоративных мероприятий на осушаемой территории, проектирования систем обвалования системы регулирования стока водохранилищами, горизонтального и вертикального дренажа, проектирования регулирования русел рек, открытых и закрытых систем орошения, нагорных каналов, осушительных насосных станций с регулирующими емкостями, шлюзов и других сооружений. Решение каждой предыдущей задачи дает значение основных параметров для решения последующих задач, и наоборот, нельзя найти оптимального решения предыдущей задачи без решения или, по крайней мере, оценки некоторых последующих [9].

На рисунке 1 показана классификация проектных задач в осушении, их взаимосвязь и место каждой задачи в общей системе проектирования осушения. Приведенная классификация представляет собой, по существу, функциональную модель проектирования осушительных систем в самом общем виде. Каждый блок модели – эта серия задач, реализуемая на ЭВМ разветвленной системой программ, поэтому функциональная модель проектирования конкретного объекта осушения состоит из разветвленной последовательности проектных задач или действий и последовательностей проектных решений. В состав проектных задач включаются программы автоматизации проектирования, расчетные программы и оценочные расчеты, проводимые проектировщиком без применения компьютерной техники и те вопросы, решение которых основано на эвристических способностях человека. Действия означают сбор и подготовку материалов для проектирования, проведение изысканий, оформление проектной документации и т. п.

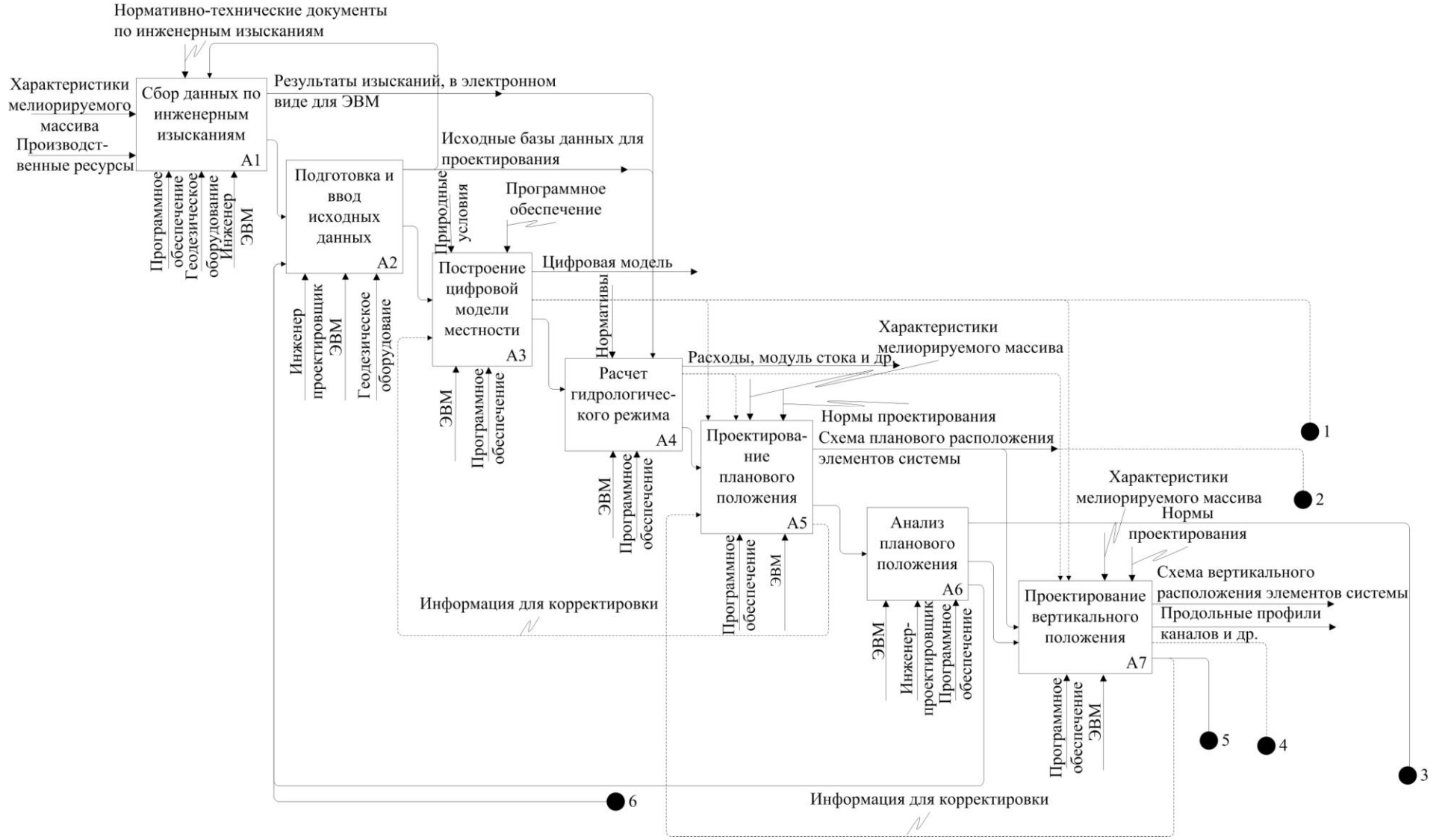


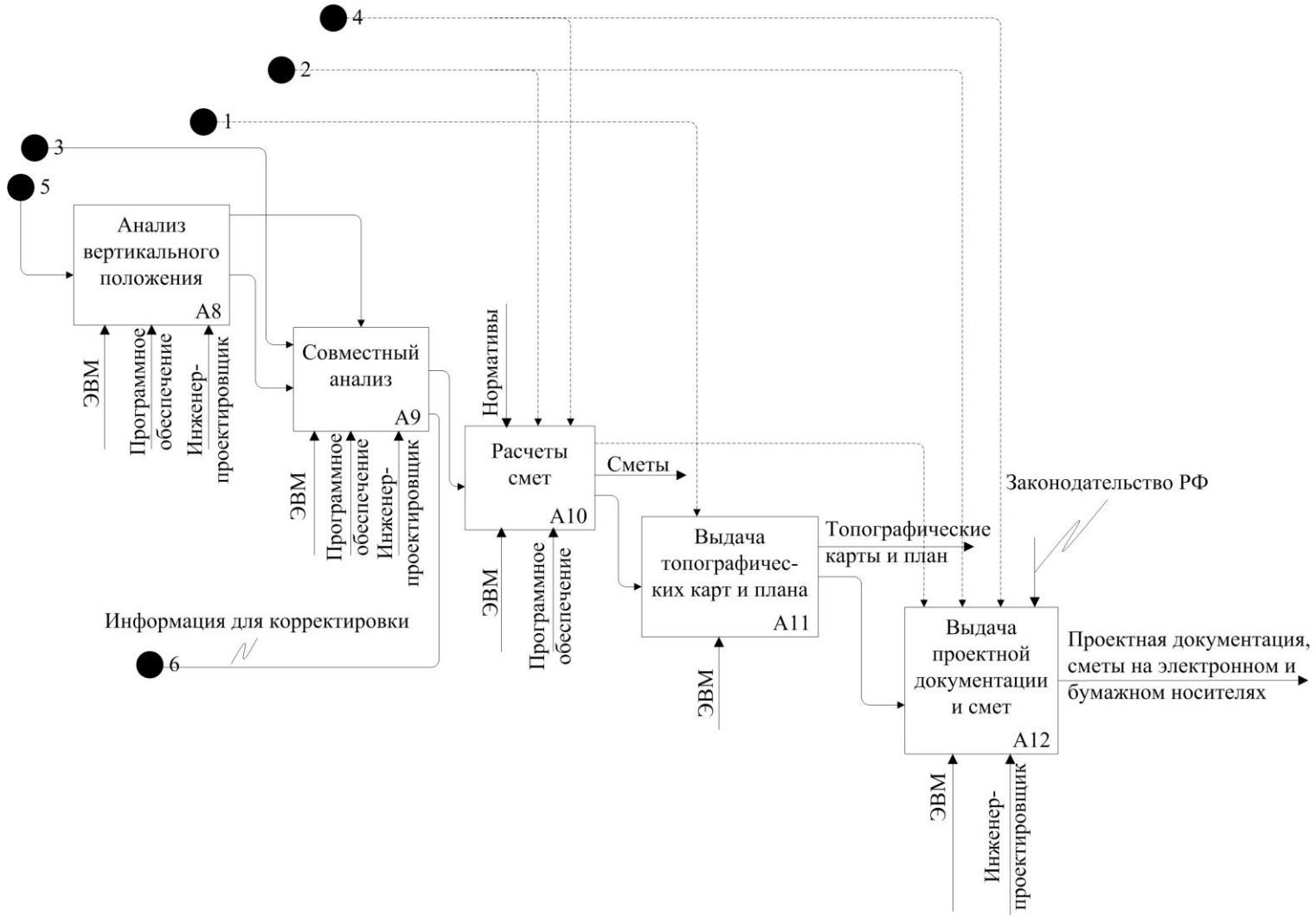
Рисунок 1 – Классификация проектных задач в осушении

Функциональная модель представляет собой многоуровневую систему, и весь процесс проектирования заключается в постепенном переходе от высших уровней разработок к низшим – детальному проектированию, от общего к частному [10].

Функциональная модель автоматизированной системы проектирования элементов осушительной части мелиоративной системы двойного регулирования водного режима приведена на рисунке 2. На модели отображены основные этапы проектирования и установлена взаимосвязь между ними. Для выполнения конкретных этапов приводятся необходимые ресурсы, оборудование и персонал (геодезическое оборудование, ЭВМ, проектировщик, инженер и др.), материальные объекты, ограничительная и предписывающая информация, а также материальные объекты на выходе.

В процессе проектирования есть этапы, выполняемые только проектировщиками [6], а есть те, которые могут выполняться проектировщиком или ЭВМ, с применением различных программ в зависимости от стадии разработки.





● 1–6 – разрывы переноса управляющих стрелок на другую страницу

Рисунок 2 – Функциональная модель автоматизированной системы проектирования элементов осушительной части системы двойного регулирования водного режима

На функциональной модели указаны два типа связей между функциональными блоками. Сплошной линией со стрелками обозначаются так называемые ручные связи (подготовку и передачу информации осуществляет человек), прерывистой – машинные связи (передача информации производится автоматически). С развитием компьютерных технологий, программ и техники, возможно полностью наладить передачу информации автоматически.

Процесс автоматизированной системы проектирования элементов осушительной части мелиоративной системы двойного регулирования водного режима условно разделен на двенадцать этапов:

- A1) сбор данных по инженерным изысканиям;
- A2) подготовка и ввод исходных данных;
- A3) построение цифровой модели местности;
- A4) расчет гидрологического режима;
- A5) проектирование планового положения;
- A6) анализ планового положения;
- A7) проектирование вертикального положения;
- A8) анализ вертикального положения;
- A9) совместный анализ;
- A10) расчет смет;
- A11) выдача топографических карт и плана;
- A12) выдача проектной документации и смет.

На первом этапе «сбор данных по инженерным изысканиям» производится сбор данных по топографии, геологии, гидрогеологии, почвам, гидрологии и др. Под термином «сбор данных» понимается подборка и анализ всех результатов инженерных изысканий в том виде, в котором они поступают от изыскателей к проектировщикам. На уровне полной автоматизации под данным термином будем предполагать все процессы по обработке результатов инженерных изысканий с целью получения информации в виде, удобном для предварительной или полной обработки на современной компьютерной технике.

Так, входными данными для начала этапа сбора данных являются наличие необходимых производственных ресурсов и характеристики мелиорируемого массива. Предписывающей информацией выступают нормативно-технические документы по инженерным изысканиям. Вспомогательным материальным потоком для выполнения настоящего этапа служат специализированное программное обеспечение, геодезическое оборудование, ЭВМ и инженеры. Выходной описательной информацией и материальным объектом будут являться результаты изысканий, в электронном виде для ЭВМ, используемые для дальнейших расчетов.

На втором этапе, согласно собранной информации по природным условиям проектируемого объекта производится детальная подготовка данных для проектирования. В зависимости от стадии разработки системы возможен различный перечень работ в этом блоке и, как следствие, различная степень их автоматизации, когда непосредственные измерения, получаемые в изысканиях при помощи современных специализированных устройств, оборудования и программного обеспечения подготавливаются на электронных носителях без какой-либо промежуточной обработки. Большое значение должно придаваться и хорошо организованной технологии подготовки, тесному контакту этапов А1 и А2, так как сбор и подготовку данных необходимо в большинстве случаев рассматривать как единый процесс, организованный на базе современных специализированных комплексов.

Этапы А3–А12 – автоматизированное проектирование элементов осушительной части мелиоративной системы двойного регулирования водного режима и оформление проектной документации и смет. Проектирование проводится по следующей схеме: сбор данных, подготовка и ввод данных, построение цифровой модели местности, проектирование плана с учетом параметров вертикального положения, проектирование вертикального положения, расчет смет, выдача проектной документации.

Проектирование планового положения каналов осушительной части

системы невозможно без цифрового отображения с помощью ЭВМ данных по природным условиям объекта мелиорирования. Для цифрового отображения указанных данных необходимо построить цифровую модель местности (этап А3). Цифровая модель местности состоит из нескольких самостоятельных моделей – рельефа, геологии, гидрогеологии, почв (статические модели) и др.

На четвертом этапе отдельно рассматривается вероятностная гидрологическая модель. Материальными объектами на входе данного этапа являются исходные данные для проектирования по второму этапу, а также характеристики мелиорируемого массива. Ограничивающими факторами выступают различные нормативы для гидрологических расчетов. Выходными материальными данными служат параметры каналов проводящей сети и гидротехнических сооружений, модуль стока и др.

Далее проектирование можно разделить на два самостоятельных этапа: проектирование планового положения (этап А5) и вертикального положения (этап А7) элементов осушительной части системы. В каждом из указанных этапов оно ведется по определенным техническим правилам: определяются перечни работ, исходные данные и результаты расчетов. Ранее при традиционном ручном проектировании считалось, что результат проектирования пятого этапа (план осушительной части системы) – исходный материал для проектирования вертикального положения. Такая же тенденция сохраняется и при автоматизированном проектировании. Однако проектирование в плане зависит от квалификации и опыта проектировщика, который должен увидеть основные решения на этапах А5 и А7. Например, проектируя плановое положение коллекторно-дренажной сети, нужно стремиться проложить трассы коллекторов так, чтобы не заглубить устьевую часть, иначе осушительная сеть каналов может оказаться в подпоре со стороны водоприемника. Плановое положение влияет на вертикальное сопряжение дрен с коллекторами на местоположение сетевых сооружений и другие технические решения.

Из приведенных примеров следует вывод: при проектировании в плане необходимо учитывать технические условия, накладываемые на проектирование вертикального положения. При нахождении оптимального (или близкого к нему) варианта задача намного усложняется. Таким образом, задачи проектирования плана и вертикального положения, являясь самостоятельными с точки зрения технических условий и приемов проектирования, связаны между собой в единый комплекс. Эта взаимосвязь отражена на модели стрелками между этими этапами.

Входными данными для пятого этапа «проектирование планового положения» будут являться выходные данные первых четырех этапов, предписывающей информацией выступают нормы проектирования осушительной сети в плане, а также характеристики мелиорируемого массива, вспомогательным материальным потоком для выполнения настоящего этапа служат специализированное программное обеспечение и ЭВМ. Выходной описательной информацией и материальным объектом будут схема планового расположения элементов системы (расположение регулирующей сети, каналов, сопряжение каналов с собирателями и др.) в электронном виде для ЭВМ.

На шестом этапе проводится анализ планового положения с использованием ЭВМ, программного обеспечения и инженера-проектировщика.

Входными данными для седьмого этапа «проектирование вертикального положения» будут являться выходные данные первых пяти этапов, предписывающей информацией выступают нормы проектирования сооружений в вертикальной плоскости, а также характеристики мелиорируемого массива, вспомогательным материальным потоком для выполнения настоящего этапа служат специализированное программное обеспечение и ЭВМ. Выходной описательной информацией и материальным объектом будут схема вертикального расположения элементов системы (глубина на-

горных, ловчих, проводящих и др. каналов осушительной сети, сопряжения в вертикальной плоскости и др.) в электронном виде для ЭВМ.

Преимуществом автоматизированного проектирования является то, что имеется возможность рассмотрения большего количества вариантов планового и вертикального положения. Такое многовариантное технико-экономическое проектирование с учетом взаимосвязи задач этапов А5 и А7 не под силу человеку, оно требует создания новой более современной технологии проектирования на базе математических методов и программ для ЭВМ.

Характерная особенность человеко-машинного проектирования – активное влияние человека на процесс проектирования и качество проектной документации. В проектировании остается много неформализуемых факторов, которые оцениваются человеком. Для оценки влияния неформализуемых факторов включены этапы А6, А8 и А9. Любое из принимаемых машиной решений может быть проанализировано автором проекта. При этом в исходные данные или ограничения вносятся необходимые изменения, и процесс проектирования повторяется. Предусмотрена возможность анализа результатов по плановому и вертикальному положениям (этапы А6 и А8) и результатам проекта в целом (этап А9).

Десятый этап «расчет смет» проводится с помощью специализированных программ для ЭВМ по нормативам. Составляются подробные макеты на каждое мероприятие (например – канал, дамба, насосная станция, водоприемник и т. д.), включающие в себя полный перечень работ.

На одиннадцатом и двенадцатом этапах «выдача топографических карт и плана» и «выдача проектной документации и смет» производится оформление и автоматическая выдача результатов, как в электронном виде, так и на бумажные носители.

В окончательном варианте функционирования модели, проектировщиком будут осуществляться только этапы анализа положений, а осталь-

ные этапы будут выполняться компьютерами, специализированными устройствами подготовки данных и оформления проектной документации.

Выводы. Разработанная функциональная модель автоматизированной системы проектирования элементов осушительной части мелиоративной системы двойного регулирования водного режима позволяет, с учетом заданных условий, а также существующих и разрабатываемых новых программ для ЭВМ поэтапно провести проектирование элементов системы от сбора данных по инженерным изысканиям до выдачи проектной документации в минимально кратчайшие сроки при проектировании новых и реконструкции действующих мелиоративных систем. При соответствующей декомпозиции основных этапов проектирования, разработке новых современных программ для ЭВМ, программ по расчету элементов осушительной части системы, а также разработке интеллектуальных программ по анализу результатов для каждого этапа позволит полностью автоматизировать процесс проектирования.

Дальнейшая разработка функциональной модели процесса проектирования элементов увлажнительной части мелиоративной системы двойного регулирования водного режима, а также остальных элементов, с разработкой программ для ЭВМ по расчету элементов увлажнительной части системы позволит в режиме реального времени проводить проектирование системы в целом с согласованием и увязкой осушительной части с увлажнительной.

Список использованных источников

1 Щедрин, В. Н. Концептуальное обоснование разработки стратегии научно-технического обеспечения развития мелиорации земель в России / В. Н. Щедрин, Г. Т. Балакай, С. М. Васильев // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2016. – № 4(24). – С. 1–21. – Режим доступа: http://rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb13-rec441-field6.pdf.

2 Проектирование системы двустороннего регулирования водного режима / Н. Н. Дубенок [и др.]; под ред. Н. Н. Дубенка. – М.: Изд-во РГАУ МСХА им. К. А. Тимирязева, 2010. – 71 с.

3 Мангейм, М. Л. Иерархические структуры (модель процессов проектирования и планирования) / М. Л. Мангейм. – М.: Мир, 1970. – 180 с.

4 Вахонин, Н. К. Принципы моделирования мелиоративных объектов для принятия решений по реконструкции / Н. К. Вахонин // Мелиорация. – Минск, 2007. – № 1(57). – С. 5–20.

5 Нестеров, М. В. Гидротехнические сооружения: учеб. пособие / М. В. Нестеров. – Минск: Новое знание, 2006. – 616 с.

6 Лобанова, Т. А. Стадии проектирования гидротехнических сооружений / Т. А. Лобанова, П. А. Грибов // Научный журнал. – Иваново: Олимп, 2017. – № 4(17). – С. 29–30.

7 Кожанов, А. Л. Моделирование процесса компоновки функциональных модулей осушительной системы двустороннего действия / А. Л. Кожанов // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2018. – № 4(72). – С. 24–31.

8 Грибов, П. А. Проектирование гидротехнических сооружений / П. А. Грибов, Т. А. Лобанова // Молодежь и системная модернизация страны: сб. науч. ст. 2-й Междунар. науч. конф. студентов и молодых ученых. В 4-х т. Т. 3. – Курск: Университетская книга, 2017. – С. 252–254.

9 Касьянов, А. Е. Изыскания, проектирование, строительство и эксплуатация сооружений для экологического контроля осушительных систем: рекомендации / А. Е. Касьянов, Г. Г. Гулюк; М-во сел. хоз-ва Рос. Федерации, М-во образования Рос. Федерации, Моск. гос. ун-т леса. – М.: Ризограф МГУЛ, 2003. – 56 с.

10 Ивицкий, А. И. Основы проектирования и расчетов осушительных и осушительно-увлажнительных систем / А. И. Ивицкий. – Минск: Наука и техника, 1988. – 311 с.

References

1 Shchedrin V.N., Balakay G.T., Vasil'ev S.M., 2016. *Kontseptual'noe obosnovanie razrabotki strategii nauchno-tekhnicheskogo obespecheniya razvitiya melioratsii zemel' v Rossii* [Conceptual justification of strategy development for scientific and technological support of land reclamation development in Russia]. *Nauchnyy Zhurnal Rossiyskogo NII Problem Melioratsii* [Scientific Journal of Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems], no. 4(24), pp. 1-21, available: http://rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb13-rec441-field6.pdf. (In Russian).

2 Dubenok N.N., 2010. *Proektirovanie sistemy dvustoronnego regulirovaniya vodnogo rezhima* [Designing a System of Bilateral Water Regulation]. Moscow, RSAU Moscow Agricultural Academy named after K. A. Timiryazev, 71 p. (In Russian).

3 Mannheim M.L., 1970. *Ierarkhicheskie struktury (model' protsessov proektirovaniya i planirovaniya)* [Hierarchical Structures (Model of Design and Planning Processes)]. Moscow, Mir Publ., 180 p. (In Russian).

4 Vakhonin N.K., 2007. *Printsipy modelirovaniya meliorativnykh ob'ektov dlya prinyatiya resheniy po rekonstruktsii* [Principles of modeling of reclamation objects for reconstruction decision-making]. *Melioratsiya* [Irrigation]. Minsk, no. 1(57), pp. 5-20. (In Russian).

5 Nesterov M.V., 2006. *Gidrotekhnicheskie sooruzheniya: ucheb. posobie* [Hydrotechnical Structures: teaching guide]. Minsk, New Knowledge, Publ., 616 p. (In Russian).

6 Lobanova T.A., Gribov P.A., 2017. *Stadii proektirovaniya gidrotekhnicheskikh sooruzheniy* [Stages of the hydraulic structures design]. *Nauchnyy zhurnal* [Scientific Journal]. Ivanovo, Olymp Publ., no. 4(17), pp. 29-30. (In Russian).

7 Kozhanov A.L., 2018. *Modelirovanie protsessa komponovki funktsional'nykh moduley osushitel'noy sistemy dvustoronnego deystviya* [Modeling the process of assembling functional modules of a two-sided drainage system]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshayemogo zemledeliya* [Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture], no. 4(72), pp. 24-31. (In Russian).

8 Gribov P.A., Lobanova T.A., 2017. *Proektirovanie gidrotekhnicheskikh sooruzheniy* [Design of hydraulic structures]. *Molodezh' i sistemnaya modernizatsiya strany: sb. nauchnykh statey 2-y Mezhdunar. nauch. konf. studentov i molodykh uchenykh. V 4-h tomah. Tom 3* [Youth and System Modernization of the Country: Proceed. of the 2nd International Scientific Conference of Students and Young Scientists. In 4 vol. Vol. 3]. Kursk, University Book Publ., pp. 252-254. (In Russian).

9 Kas'yanov A.Ye., Gulyuk G.G., 2003. *Izyskaniya, proektirovanie, stroitel'stvo i ekspluatatsiya sooruzheniy dlya ekologicheskogo kontrolya osushitel'nykh sistem: rekomendatsii* [Design, Construction and Operation of Structures for Drainage Systems Environmental Monitoring: recommendations]. Ministry of Agriculture RF, Ministry of Education RF, Moscow State Forestry University. Moscow, Rizograf Publ., MGU, 56 p. (In Russian).

10 Ivitskiy A.I., 1988. *Osnovy proektirovaniya i raschetov osushitel'nykh i osushitel'no-uvlazhnitel'nykh sistem* [Basics of Design and Calculations of Drainage and Drainage-Wetting Systems]. Minsk, Science and Technology Publ., 311 p. (In Russian).

Васильев Сергей Михайлович

Ученая степень: доктор технических наук

Ученое звание: доцент

Должность: врио директора

Место работы: федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации»

Адрес организации: Баклановский пр-т, 190, г. Новочеркасск, Ростовская область, Российская Федерация, 346421

E-mail: rosniipm@yandex.ru

Vasilyev Sergey Mikhaylovich

Degree: Doctor of Technical Sciences

Title: Associate Professor

Position: Acting Director

Affiliation: Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems

Affiliation address: Baklanovsky ave., 190, Novocherkassk, Rostov region, Russian Federation, 346421

E-mail: rosniipm@yandex.ru

Кожанов Антон Леонидович

Ученая степень: кандидат технических наук

Должность: ведущий научный сотрудник

Место работы: федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации»

Адрес организации: Баклановский пр-т, 190, г. Новочеркасск, Ростовская область, Российская Федерация, 346421

E-mail: Antoha-Nikolaevskaya@rambler.ru

Kozhanov Anton Leonidovich

Degree: Candidate of Technical Sciences

Position: Leading Researcher

Affiliation: Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems

Affiliation address: Baklanovsky ave., 190, Novocherkassk, Rostov region, Russian Federation, 346421

E-mail: Antoha-Nikolaevskaya@rambler.ru