

УДК: 004.9:378.1:519.854.33

DOI: 10.30987/article_5cf2d29cd1f178.93000301

С.С. Игнатьев, А.В. Аверченков

РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСА ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ ВОДОПОДГОТОВКИ ПЛАВАТЕЛЬНЫХ БАССЕЙНОВ

В статье рассмотрена проблема автоматизации проектирования плавательных бассейнов. Приведена функционирующая разработка для решения расчета и подбора необходимого оборудования для плавательных бассейнов, а также автоматизированный модуль для проектирования геометрической 3D модели чаши бассейна.

Ключевые слова: автоматизация, проектирование, программное обеспечение, программирование.

S.S. Ignatev, A.V. AVerchenkov

DEVELOPMENT OF SYSTEM FOR AUTOMATION OF PROCESS OF DESIGNING OF WATER TREATMENT SYSTEMS FOR SWIMMING POOLS

The article deals with the problem of automation of design of swimming pools. The functioning development for the decision of calculation and selection of the necessary equipment for swimming pools, and the automated module for design of geometrical 3D model of a bowl of the pool is resulted.

Keywords: automation, design, software, programming.

Введение

Проблема существенного улучшения качества эксплуатации плавательных бассейнов, повышения их надежности, долговечности и экологической безопасности может быть успешно решена при условии совершенствования технологических характеристик и создания инструментальных методов контроля. Современные плавательные бассейны являются сложными техническими сооружениями в технологическую схему которых входят различные приборы, позволяющие контролировать их рабочие характеристики в процессе эксплуатации.

Наличие инструмента, позволяющего создавать пользовательские программные модули, интегрированные с базовым продуктом, становится все более неотъемлемым условием, выдвигаемым со стороны пользователей САПР.

1. Основные исходные данные при проектировании бассейнов

Исходными данными для проектирования служат архитектурные чертежи и исходные данные, выданные заказчиком, такие как:

- тип бассейна (детский, оздоровительный, спортивный, гидромассажная ванна),
- желаемые размеры бассейна,
- аксессуары для чаши бассейна (светильники, подводные динамики, лестницы, разделительные дорожки, материалы форсунок и облицовочного материала),
- предпочтения по качеству водоподготовки (время рециркуляции воды, время опорожнения чаши бассейна).

На основе этих данных для заказчика составляется коммерческое предложение, которое в дальнейшем становится основным источником исходных данных для последующего проектирования.

2. Методика расчёта основных параметров системы водоподготовки

Опишем алгоритм расчетного модуля для основного оборудования системы водоподготовки, представленный в виде блок-схемы, наглядно иллюстрирующий этапы проведения расчетов (рис. 1).

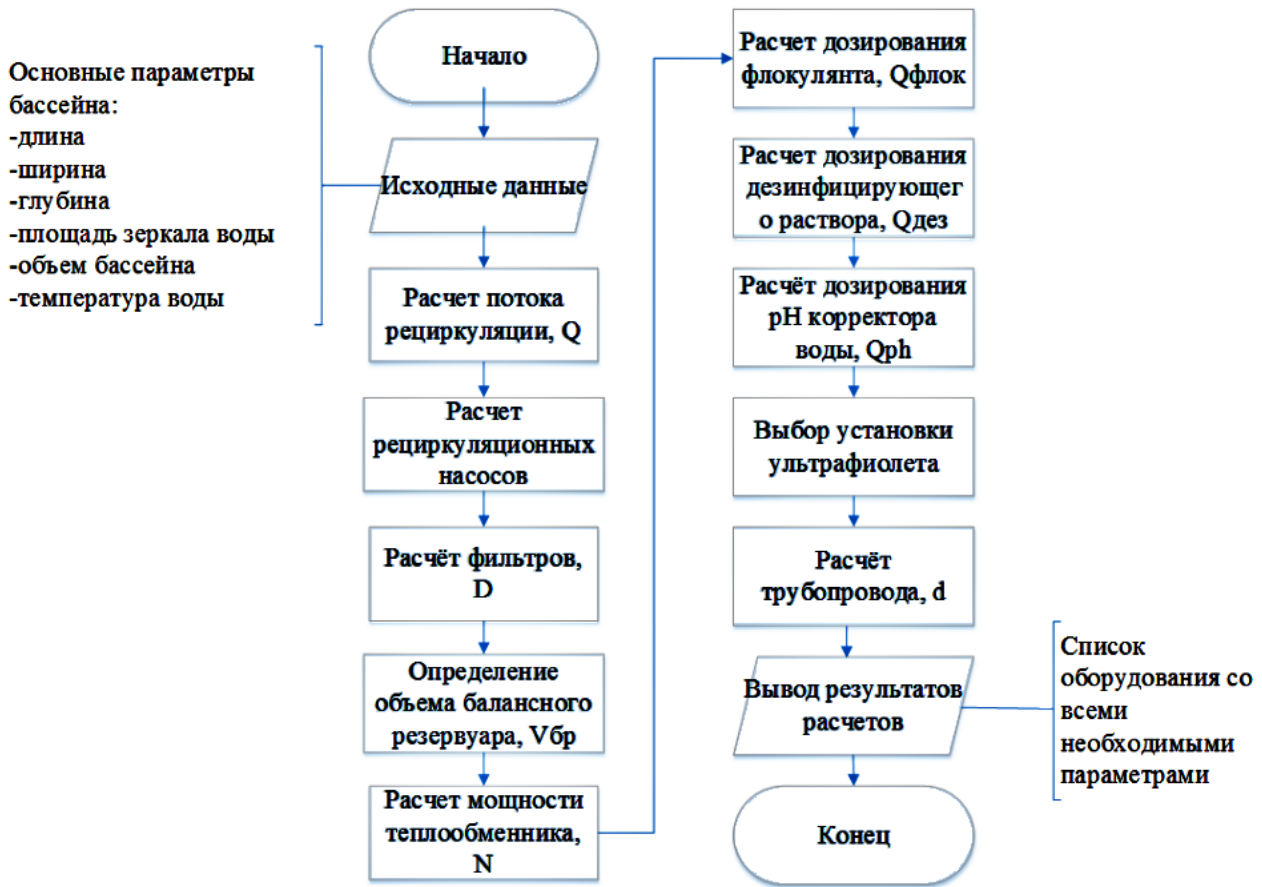


Рис.1. Алгоритм проведения расчетов основных параметров бассейна и системы водоподготовки

3. Определение основных задач, решаемых САПР водоподготовки плавательных бассейнов

Для повышения эффективности и упрощения работ по созданию проекта бассейна с системой водоподготовки предполагается разработка автоматизированной системы формирования рабочей документации.

Автоматизированная система должна решать следующие задачи:

- 1) расчет основных параметров и выбор оборудования для водоподготовки;
- 2) проектирование геометрической 3D-модели бассейна с системой водоподготовки;
- 3) разработка чертежей и технических заданий по созданным 3D-моделям;
- 4) создание спецификации;
- 5) формирование окончательного комплекта рабочей документации.

3.1 Общая структурная схема САПР водоподготовки плавательных бассейнов

Прежде чем приступить к разработке САПР водоподготовки плавательных бассейнов, необходимо было понять, как она должна выглядеть в перспективе. Для этого разработана общая структурная схема данной САПР (рис. 2).

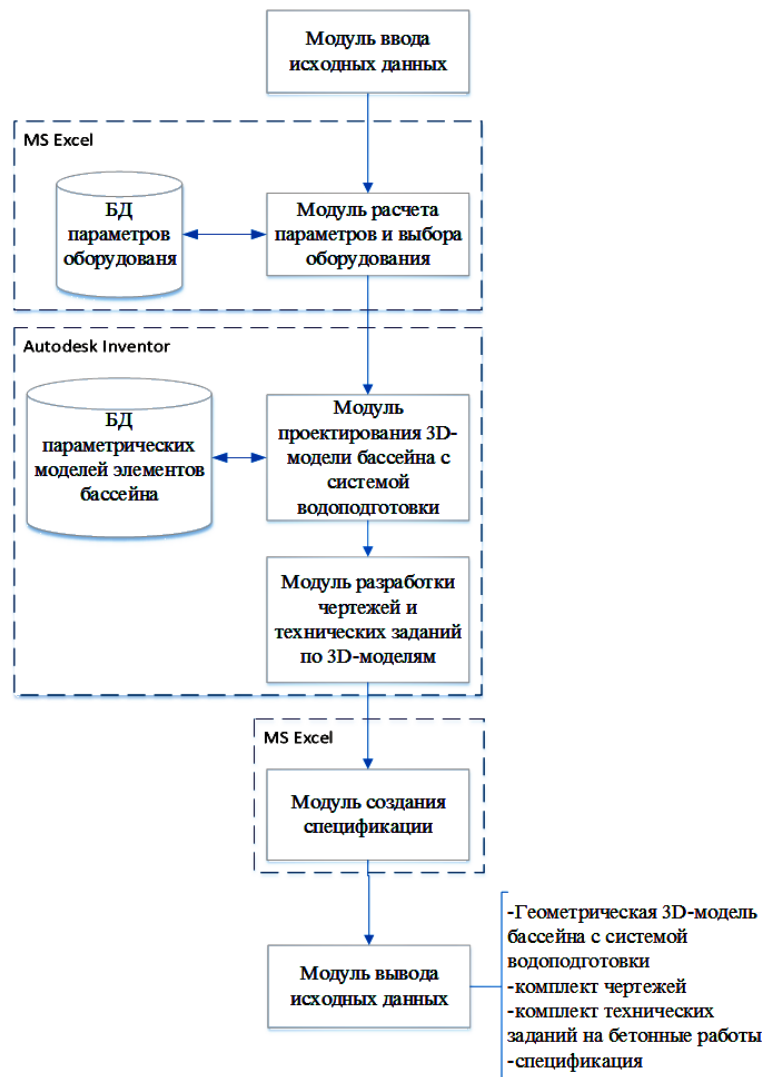


Рис.2. Общая структурная схема специализированной САПР водоподготовки плавательных бассейнов

4. Блок-схема проектирования бассейна с системой водоподготовки

Опишем алгоритм модуля проектирования, представленный в виде блок-схемы, наглядно иллюстрирующий этапы построения геометрической 3D-модели бассейна с системой водоподготовки (рис. 3).

5. Разработка базового лингвистического обеспечения системы автоматизированного проектирования водоподготовки плавательных бассейнов

Базовое лингвистическое обеспечение является языковой основой программного обеспечения. В рамках разработки системы автоматизированного проектирования водоподготовки плавательных бассейнов были использованы два типа языков высокого уровня, или проблемно-ориентированных языков.

Первый – компилируемый статически типизированный язык программирования общего назначения C#.

Второй – язык SQL. SQL – формальный непроцедурный язык программирования, применяемый для создания, модификации и управления данными в произвольной реляционной базе данных, управляемой соответствующей системой управления базами данных [1].

Базовое лингвистическое обеспечение, представленное в виде выбранных языков, может быть использовано для реализации расчетных алгоритмов, структур данных и т.д.

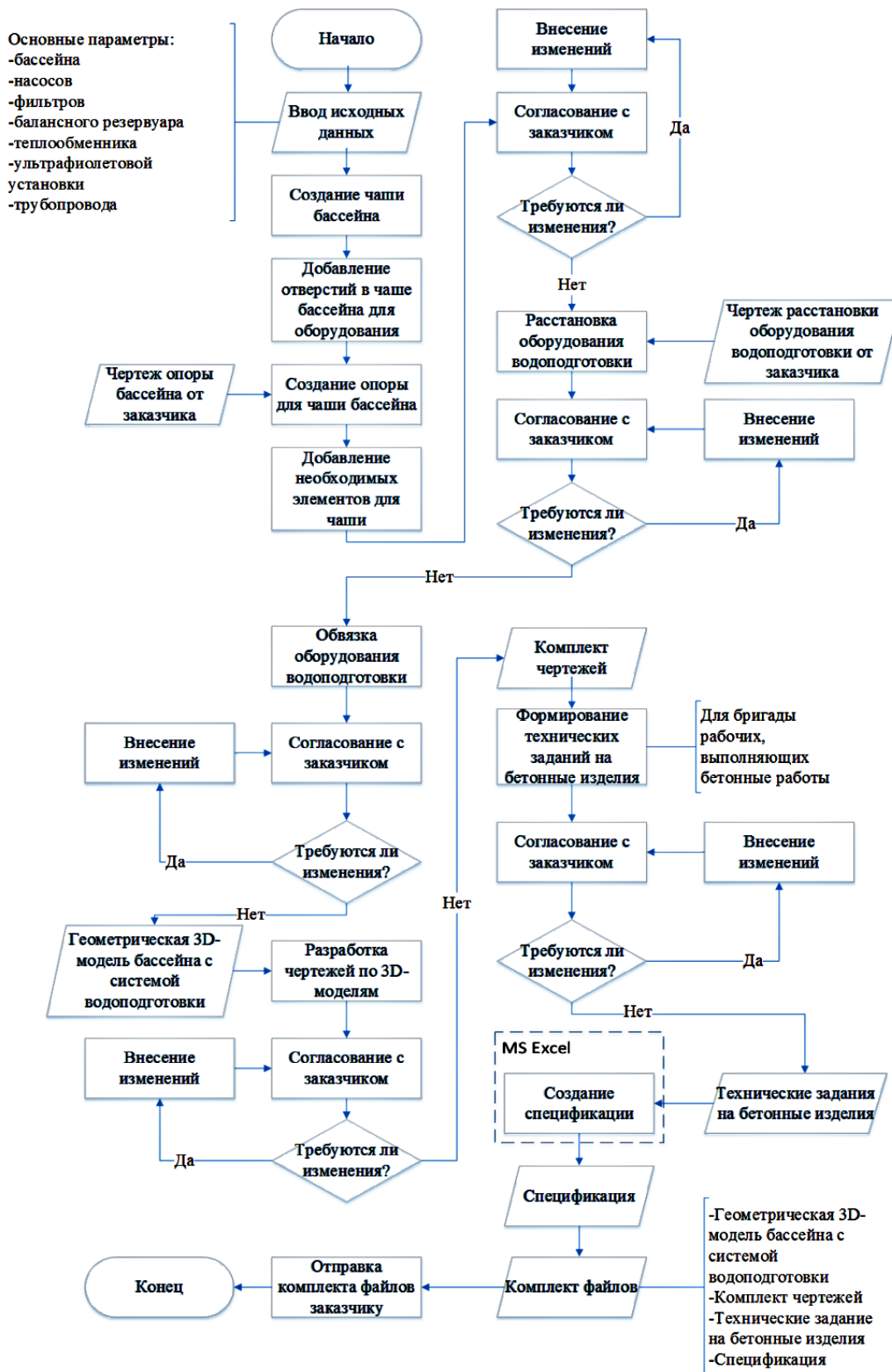


Рис.3. Алгоритм проектирования системы водоподготовки бассейна

6. Разработка структуры САПР водоподготовки плавательных бассейнов

Для разработки системы автоматизированного проектирования водоподготовки плавательных бассейнов, целесообразной является разработка структурно-функциональной схемы работы программы (рис. 4).

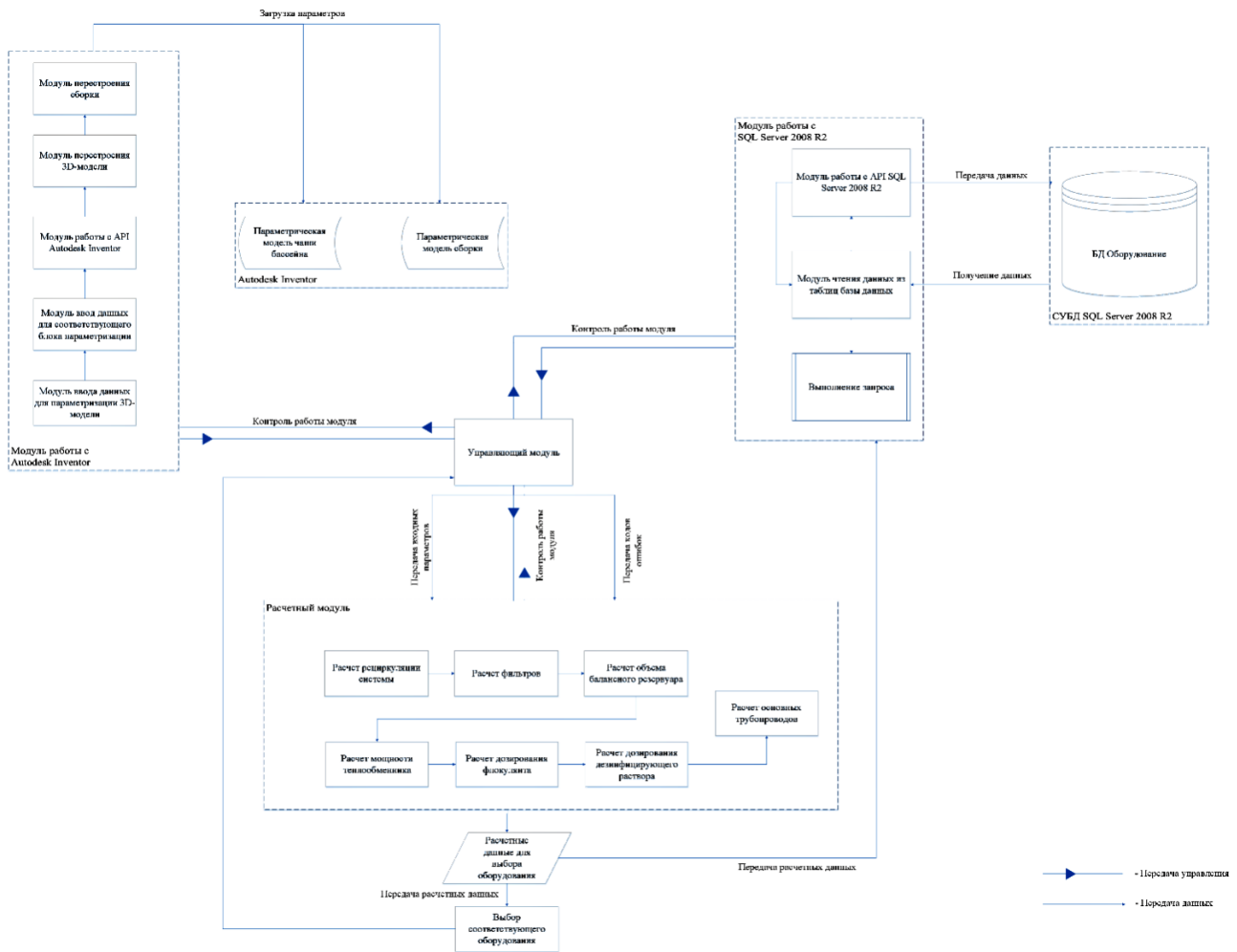


Рис.4. Структурно-функциональная схема работы программы

С помощью разработанной структурно-функциональной схемы можно показать взаимодействие модулей разрабатываемого программного обеспечения.

Из данной схемы видно, что разработанная САПР состоит из следующих модулей:

- 1) управляющий модуль;
- 2) расчетный модуль, состоящий из:
 - модуля расчета рециркуляции системы;
 - модуля расчета фильтров;
 - модуля расчета объема балансного резервуара;
 - модуля расчета мощности теплообменника;
 - модуля расчета дозирования флокулянта;
 - модуля дозирования дезинфицирующего раствора;
 - модуля расчета основных трубопроводов;
- 3) модуль работы с SQL Server, состоящий из:
 - модуля работы с API SQL Server;
 - модуля чтения данных из таблиц базы данных;
 - модуля выполнения запроса;
- 4) модуль работы с СУБД SQL Server, включающий:
 - модуль базы данных оборудования;
- 5) модуль работы с Autodesk Inventor, состоящий из:
 - модуль ввода данных для параметризации 3D-модели;
 - модуль ввода данных для соответствующего блока параметризации;

- модуля работы с API Autodesk Inventor;
- модуля работы перестроения 3D модели;
- модуля работы перестроения 3D сборки.

Управляющий модуль САПР водоподготовки плавательных бассейнов является главным модулем системы. Он контролирует работу всех модулей, входящих в состав САПР.

После ввода данных управляющий модуль подает управляющее воздействие на расчетный модуль.

В расчетном модуле его составляющие модули передают исходную и выходную информацию между собой.

Модуль работы с СУБД отправляет запрос напрямую СУБД и получает извлеченные из БД данные. Данные передаются из модуля работы с SQL Server.

Через управляющий модуль проходят все управляющие воздействия, тем самым, данный модуль всегда производит контроль работы системы автоматизированного проектирования.

7. Проработка алгоритмов работы САПР водоподготовки плавательных бассейнов

Основа для разработки программного обеспечения – написание алгоритмов функционирования модулей программы.

Алгоритм – набор инструкций, описывающих порядок действий исполнителя для достижения результата решения задачи за конечное число действий. [2]

В ходе работы по проектированию системы автоматизированного проектирования водоподготовки плавательных бассейнов был разработан алгоритм функционирования программы.

Алгоритм включает в себя весь ход работы программы, начиная с ее запуска и заканчивая закрытием.

Так как САПР водоподготовки плавательных бассейнов работает с базами данных SQL, находящихся под управлением СУБД целесообразно разработать алгоритм взаимодействия с СУБД (рис. 5).

Исходными данными для работы алгоритма является наименование базы данных и хранящихся в ней таблиц.

На первом этапе производится попытка подключения к базе данных. Если не удалось открыть базу данных, то выводится сообщение об ошибке.

Если удалось открыть базу данных, то производится передача расчетных данных и выполнение запроса для подбора каждого из оборудования. После выполнения запроса результат ответа от СУБД сохраняется и выводится в информационную таблицу.

Последним шагом является закрытие подключения к базе данных.

Реализация подключения к SQL Server в среде разработки Visual Studio 2017 представлена на рисунке 6.

8. Краткая аннотация САПР водоподготовки плавательных бассейнов

Разработанный программный комплекс «Система автоматизированного проектирования водоподготовки плавательных бассейнов» предназначена для автоматизации расчетов и проектирования чаш бассейнов в компаниях, занимающихся проектированием систем водоподготовки.

Результатом работы данной САПР является автоматизация расчетов для системы водоподготовки, подбор необходимого оборудования и построение 3D модели чаши бассейна.

Разработанная САПР позволяет производить расчеты, подбирать необходимое оборудование и строить 3D модель чаши бассейна, за считанные минуты, тем самым ускоряя процесс проектирования систем водоподготовки плавательных бассейнов.

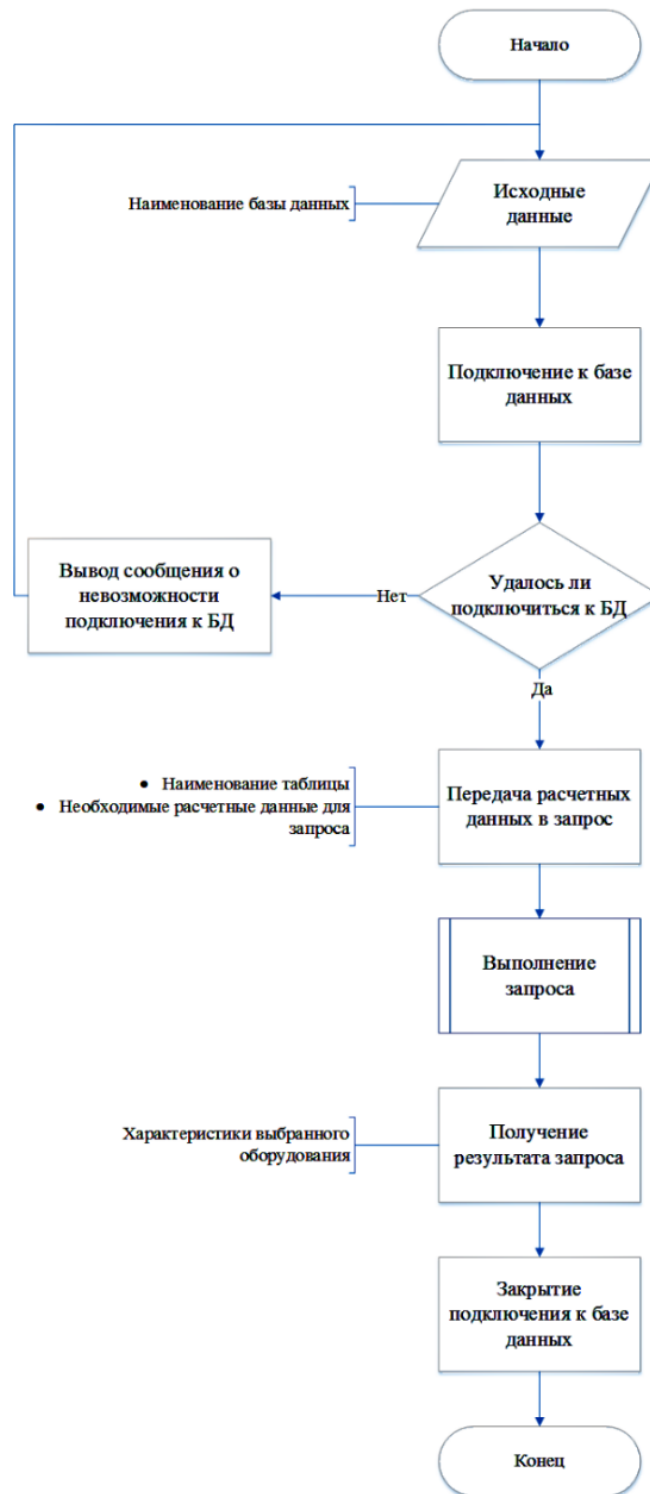


Рис.5. Алгоритм взаимодействия с базой данных SQL

```

private async void buttonPP_Click(object sender, EventArgs e) // подбор центробежных насосов
{
    string connectionString = @"Data Source=DESKTOP-D271RQH;Initial Catalog=Оборудование;Integrated Security=True"; // подключение к SQL Server
    sqlConnection = new SqlConnection(connectionString); // создание нового подключения
    await sqlConnection.OpenAsync(); // асинхронное подключение к бд
    SqlDataReader sqlReader = null; // обнуление чтения бд
    SqlCommand command = new SqlCommand("IF @Поток>=27 Select top 1 * from Maxim WHERE " +
        "[Поток при 14 м.в.с., м³/ч]>@Поток ELSE Select top 1 * from [Victoria Plus] WHERE [Поток при 14 м.в.с., м³/ч]>@Поток", sqlConnection); // выполнение запроса
    command.Parameters.Add("@Поток", SqlDbType.Int, 255).Value = 0; // передача рассчитанного потока в запрос
}
    
```

Рис.6. Подключение к SQL Server в среде разработки Visual Studio 2017

Данная САПР имеет простой и доступный пользовательский интерфейс, поэтому не требуется дополнительных затрат времени на изучение данного продукта.

После запуска программы должно появиться главное окно ввода исходных данных (рис. 7).

| Параметр | Значение | Единица измерения |
|--|----------|--------------------------------|
| Площадь зеркала воды, $A =$ | 194,4 | м^2 |
| Объем бассейна, $V =$ | 311 | м^3 |
| Количество фильтров, $n =$ | 2 | шт |
| Скорость фильтрации, $V_f =$ | 20 | $\text{м}^3/\text{час}$ |
| Количество насосов, $n_1 =$ | 2 | шт |
| Температура воды подаваемая из системы водоснабжения, $T_1 =$ | 10 | $^{\circ}\text{C}$ |
| Необходимая температура воды в бассейне, $T_2 =$ | 27 | $^{\circ}\text{C}$ |
| Время полного водообмена, $t =$ | 6 | ч |
| Удельная теплоемкость воды, $C =$ | 1,163 | $\text{Вт}/\text{м}^2\text{C}$ |
| Потери тепла в час, $Z =$ | 180 | $\text{Вт}/\text{м}^2$ |
| Продолжительность первичного нагрева воды в бассейне, $\tau =$ | 30 | ч |
| Необходимая концентрация флокулянта в воде, $C_{\text{флок}} =$ | 0,0002 | $\text{л}/\text{м}^3$ |
| Концентрация флокулянта в товарном продукте, $L_{\text{флок}} =$ | 8 | % |
| Необходимая концентрация дезинфицирующего раствора, $C_{\text{дез}} =$ | 0,0012 | $\text{л}/\text{м}^3$ |
| Концентрация дезинфицирующего раствора в товарном продукте, $L_{\text{дез}} =$ | 9 | % |
| Скорость течения воды в трубопроводе во всасывающей магистрали = | 1 | $\text{м}/\text{с}$ |
| Скорость течения воды в трубопроводе в напорной магистрали = | 2 | $\text{м}/\text{с}$ |

Рис.7. Главное окно САПР водоподготовки плавательных бассейнов

После ввода всех исходных данных необходимо перейти на следующую вкладку «Основные расчеты» (рис. 8).

| Название расчета | Иконка |
|--|--------|
| Расчет рециркуляции системы | ? |
| Расчет фильтров | ? |
| Расчет объема балансного резервуара | ? |
| Расчет мощности теплообменника | ? |
| Расчет дозирования флокулянта | ? |
| Расчет дозирования дезинфицирующего раствора | ? |
| Расчет основных трубопроводов системы рециркуляции | ? |

Рис.8. Основные расчеты

После расчета основных параметров системы водоподготовки бассейна необходимо произвести подбор оборудования. Подбор оборудования начинается с подбора насосов. Для

этого нужно перейти на следующую вкладку «подбор центробежных насосов» и выбрать любой насос для отображения необходимой информации (рис. 9).

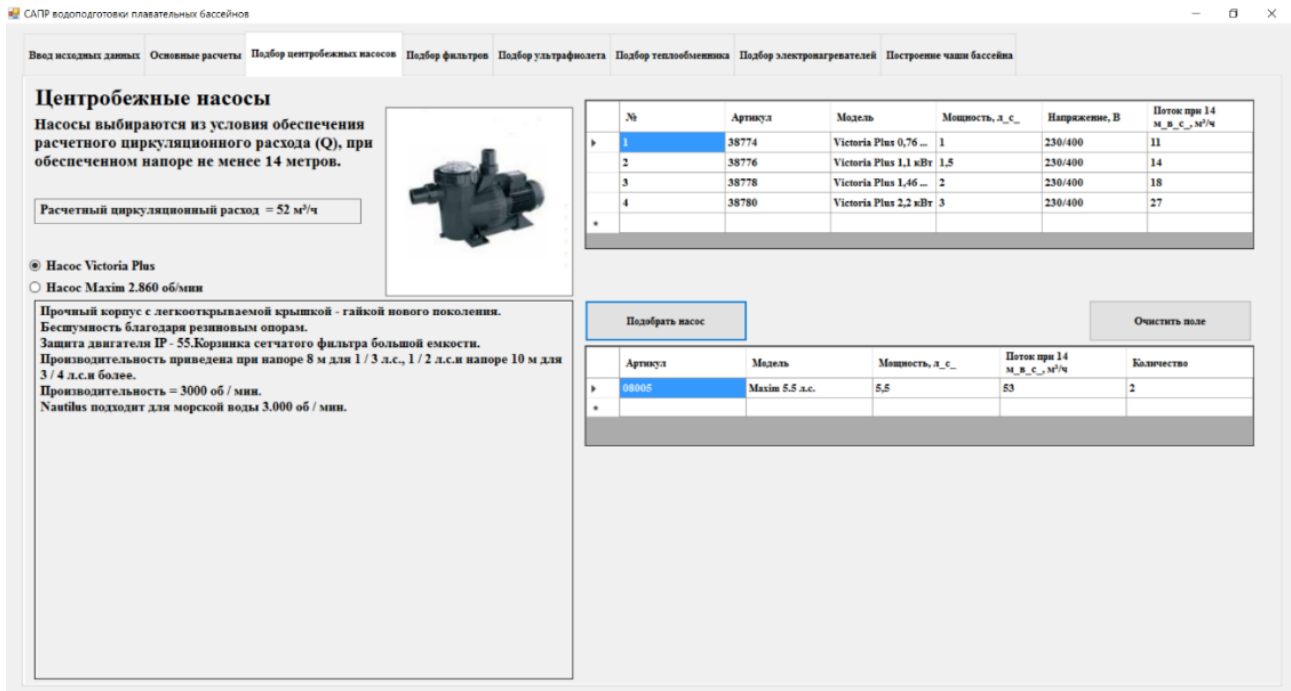


Рис.9. Подбор центробежных насосов

После подбора рециркуляционных насосов, необходимо перейти на следующие вкладки для последовательного подбора необходимого оборудования, а именно: подбор фильтров, подбор ультрафиолета, подбор теплообменника и подбор электронагревателей.

Для построения 3D модели чаши бассейна необходимо перейти на последнюю вкладку «построение чаши бассейна». После перехода на данную вкладку выводится поле ввода исходных данных для изменения основного эскиза чаши и дополнительных параметров (рис. 10).

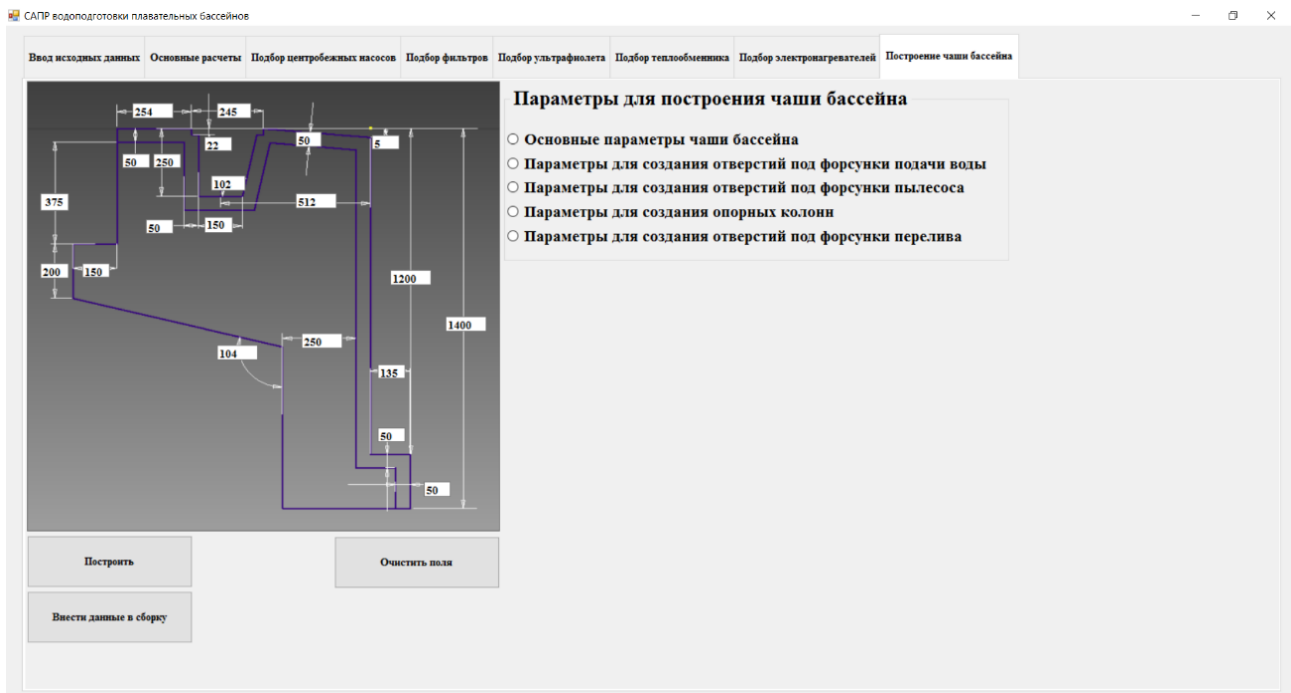


Рис.10. Основные расчеты

Заключение

Данная разработка является инновационной и не имеет аналогов на рынке проектирования плавательных бассейнов. На данном этапе производится доработка функционирования программы, а также внедрение разработанной САПР в компанию АО «АСТРАЛ СНГ», одной из отраслю которой является проектирование плавательных бассейнов.

Список литературы:

1. SQL – Википедия [Электронный ресурс]. – Электрон. текстовые, граф. дан. – 2001– . – Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/wiki/SQL>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ.
2. Официальный сайт «Аркулатор» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.interpro.dp.ua>.
3. Мещерякова, П.С. Проектирование бассейнов: без права на ошибку // Строительство и эксплуатация спортивных сооружений, 6 (53), 22 июня 2010, стр. 20-25 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://bmsi.ru/doc/fe791a44-4c50-4fff-b08d-d190bc3f85ca>.
4. Математическое программирование: учебное пособие. 5-е изд., стереотип / В.Г. Карманов. М.: Физматлит, 2004. 264 с.
5. Норенков, И.П. Основы автоматизированного проектирования [Текст] : учеб. пособие для вузов / И.П. Норенков. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – 336 с. ; ил.
6. Свами М., Тхуласираман К., Графы, сети и алгоритмы. М.: Мир, 1984. 454 с.
7. Шкаберин ГОСТ 34.003-90 Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Автоматизированные системы. Термины и определения [Текст]. Введ. 1992-01-01. – М. : Изд-во стандартов, сор. 1990. – 14

References:

1. SQL - Wikipedia [Electronic resource]. - Electron. text, graph. Dan. - 2001-. - Access mode: <http://ru.wikipedia.org/wiki/SQL>, free. - Title from the screen. - Yaz. rus
2. Official site "Arculator" [Electronic resource]. - Access mode: <http://www.interpro.dp.ua>.
3. P Meshcheryakova, S. Basin design: without the right to make a mistake // Construction and operation of sports facilities, 6 (53), June 22, 2010, pp. 20-25 [Electronic resource]. - Access mode: <http://bmsi.ru/doc/fe791a44-4c50-4fff-b08d-d190bc3f85ca>.
4. Mathematical programming: study guide. 5th ed., Stereotype / VG Pockets. M.: Fizmatlit, 2004. 264 p.
5. Norenkov, I.P. Fundamentals of computer-aided design [Text]: studies. manual for universities / I.P. Norenkov. - Ed. 2nd, Pererab. and add. - M.: Publishing House of Moscow State Technical University. N.E. Bauman, 2002. - 336 p. ; silt
6. Swami M., Tkhulasiraman K., Graphs, networks and algorithms. M.: Mir, 1984. 454 p.
7. Shkaberin GOST 34.003-90 Information technology. Set of standards for automated systems. Automated systems. Terms and definitions [Text]. Enter 1992-01-01. - M.: Standards Publishing House, cop. 1990. - 14

Статья поступила в редколлегию 18.02.19.

Рецензент: д.т.н., доцент Брянского государственного технического университета

Петрешин Д. И.

Статья принята к публикации 27.03.19.

Сведения об авторах:

Игнатьев Сергей Сергеевич

Студент 2 курса магистратуры БГТУ
Тел.: +7 (999) 7053386
E-mail: signatiew9019@gmail.com

Аверченков Андрей Владимирович

д.т.н., доцент
Заведующий кафедрой «Компьютерные технологии и системы»
Тел.: +7 (4832) 58-83-62
E-mail: mahar@mail.ru

Information about authors:

Ignatiev Sergey Sergeevich

2nd year student of the BSTU graduate school
Тел.: +7 (999) 705 33 86
E-mail: signatiew9019@gmail.com

Averchenkov Andrey Vladimirovich

Doctor of Technical Sciences, Associate Professor
Head of the department "Computer technology and systems"
Тел.: (4832) 58-83-62
E-mail: mahar@mail.ru