Графические особенности дизайна пользовательского интерфейса системы программной поддержки решения инженерных задач по подбору оборудования для водоснабжения сооружений

Д.В. Титарев [1], М.В. Трунников [1]

[1] *Брянский государственный технический университет, бульвар 50-летия Октября, д. 7, г. Брянск, 241035, Российская Федерация*

Аннотация

Работа посвящена вопросам разработки дизайна пользовательского интерфейса программной системы для решения инженерных задач по подбору оборудования для водоснабжения сооружений. В статье производится анализ предметной области с описанием основных составляющих процесса подбора. Определяются основные требования к дизайну программного обеспечения, на основе которых выявляются ключевые особенности и принципы построения интерфейса. Рассматриваются элементы интерфейса основной рабочей веб-страницы разработанного авторами программного комплекса для подбора насосного оборудования Pump manager. Производится анализ влияния разработанного дизайна на эффективность процесса подбора и снижение потенциально возможных ошибок пользователя. Делается вывод о возможности применения выявленных особенностей и принципов построения интерфейса в разработке подбора для другого различного оборудования.

Ключевые слова

Водоснабжение сооружений, подбор насосного оборудования, пользовательский интерфейс, графические особенности дизайна.

Graphic Design Features of the User Interface of the Software Support System for Solving Engineering Tasks for the Selection of Equipment for Water Supply of the Structures

D.V. Titarev [1], M.V. Trunnikov [1]

[1] *Bryansk state technical university, boulevard 50 years of October, 7, Bryansk, 241035, Russian Federation*

Abstract

The paper is devoted to the development of the design of the user interface of a software system for solving engineering problems for the selection of equipment for water supply of the structures. The article analyzes the subject area with a description of the main components of the selection process. The basic requirements for software design are determined, on the basis of which the key features and principles of interface construction are identified. The elements of the interface of the main working web page of the software package developed by the authors for the selection of Pump manager pumping equipment are considered. The analysis of the influence of the developed design on the efficiency of the selection process and the reduction of potential user errors is carried out. The conclusion is made about the possibility of applying the identified features and principles of interface construction in the development of selection for other various equipment.

ГрафиКон 2022: 32-я Международная конференция по компьютерной графике и машинному зрению, 19-22 сентября 2022 г., Рязанский государственный радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина, Рязань, Россия
EMAIL: titaryovdv@mail.ru (Д.В. Титарев); m.trunnikov@mail.com (М.В. Трунников)
ORCID: 0000-0001-5502-2037 (Д.В. Титарев); 0000-0001-8545-4797 (М.В. Трунников)
© 2022 Copyright for this paper by its authors.
Use permitted under Creative Commons License Attribution 4.0 International (CC BY 4.0).

Keywords
Water supply of facilities, selection of pumping equipment, user interface, graphic design features.

1. Введение

Строительная отрасль является одной из важных отраслей для любого государства, задающей темпы его развития. Рынок строительства активно растет и развивается, модернизируется существующая инфраструктура, вводятся в эксплуатацию новые объекты [1].

Значительную часть как бюджета, так и объемов строительства гражданских и промышленных объектов составляет обеспечение необходимых коммуникаций, в том числе и для водоснабжения, пожаротушения. Организация водоснабжения является одной из важнейших задач, которую необходимо решить в рамках строительства и ввода в эксплуатацию различных сооружений.

Такой элемент строительства, как организация водоснабжения сооружений, связан со сложными техническими расчетами и нетривиальным подбором необходимого оборудования, в частности насосов. Цена ошибки при неверных расчетах может варьироваться от выхода из строя насосной группы, что приведет к остановке поступления воды в здание; до невозможности системы пожаротушения справиться с пожаром, из-за чего помимо имущества также могут пострадать и люди.

Все вышеперечисленные обстоятельства указывают на то, что уровень инженеров должен быть достаточно высоким. Однако, в последнее время среди молодых специалистов наблюдается спад интереса к подобного рода профессиям (в связи с невысокой заработной платой и снижения «ликвидности» профессий в целом). Это порождает острую нехватку квалифицированных инженеров-теплоэнергетиков на рынке труда, и, как следствие, увеличиваются риски некорректного выбора оборудования еще на этапе проектирования.

В результате возникает актуальная задача программной поддержки процесса подбора инженерного оборудования для водоснабжения.

На рынке программного обеспечения выделяется небольшое количество автоматизированных систем или сервисов, предназначенных для решения данных задач [2, 3, 4]. Это обусловлено узкой сферой их применения, а также обязательным наличием в штате компании-разработчике ПО специалистов, обладающих глубокими специализированными техническими знаниями в области теплотехники.

Можно отметить программный комплекс Spaix 5 от компании VSX – VOGEL SOFTWARE GmbH [5]. К преимуществам данной системы можно отнести: широкий функционал подбора насосного оборудования и большой опыт эксплуатации; а к недостаткам: высокую стоимость и низкую скорость расчетов.

При создании подобного программного решения важной задачей является проектирование пользовательского интерфейса. Правильно выполненный дизайн программной системы по подбору насосного оборудования позволит решить ряд проблем, связанных с рисками появления ошибок, компенсацией среднего низкого уровня технических специалистов и эффективностью подбора насосного оборудования, а именно:

- Проблема расположения основных элементов интерфейса, с которыми взаимодействует пользователь в процессе подбора, на одном экране. В большинстве программных систем по подбору насосного оборудования на главном экране выводится достаточно большое количество редко-используемых полей для ввода технических параметров, а также они далеко не всегда удачно расположены. Это приводит к тому, что подобранное оборудование пользователю приходится просматривать и оценивать на другой внутренней странице приложения. Таким образом нарушается визуальная связь между введенными инженером данными и полученными им результатами. А это способствует появлению ошибок, а также снижает эффективность и скорость работы инженера в целом за счет невозможности быстро подкорректировать параметры подбора.
- Проблема фиксирования промежуточных результатов. Очень часто в результате подбора среди полученных вариантов оборудования достаточно трудно выбрать один определенный.

Возникает необходимость в механизме сохранения подобранных насосов в рамках одного подбора, чего, к сожалению, нет в большинстве программных систем, например, в Spaix 5 [5]. Это позволит снизить возможные ошибки при повторном вводе параметров подбора, а также повысит скорость работы инженера.

2. Подбор насосного оборудования

Рассмотрим задачу подбора насосного оборудования более подробно, а также основные термины из данной предметной области [6, 7, 8].

Гидравлическая характеристика насоса – зависимость напора, создаваемого насосом, от расхода перекачиваемой жидкости при определенной частоте вращения вала насоса и фиксированных параметрах перекачиваемой среды.

Подбор – это совокупность технического задания к насосной станции и предлагаемого по данному заданию технического решения. Формальную модель подбора можно описать формулой (1):

$$< R, PS; S >, \quad (1)$$

где R – техническое задание, S – техническое решение, PS – список насосных серий.

Техническим заданием (далее – ТЗ) на подбор является ряд обязательных и опциональных технических параметров, по которым подбирается оборудование. В список обязательных параметров входят:

- Рабочая точка – определенная на основе проектного расчета потребность системы в расходе жидкости и необходимый при данном расходе напор жидкости, служащие для функционирования системы
- Температура перекачиваемой жидкости (в случае водоснабжения сооружений – воды)
- Количество основных и резервных насосов в составе насосной групп

К опциональным можно отнести:

- Наличие встроенного в насосах электронного регулирования
- Запас или допуск по напору
- Ограничения: по ДУ входа/выхода, мощности, типу соединения, электрической фазе, монтажной длине, электрическому соединению
- И другие

Формальную модель технического задания можно описать формулой (2):

$$R =< Rp, Op >, \quad (2)$$

где, Rp – набор обязательных параметров, формальная модель которого выражается формулой (3); Op – набор опциональных параметров.

$$Rp =< F, H, T, Mpc, Rpc >, \quad (3)$$

где F – расход жидкости в м^3/ч, H – напор жидкости в метрах, T – температура жидкости в °C, Mpc – количество основных насосов, Rpc – количество резервных насосов.

Техническим решением (далее – ТР) по подбору является список подобранных согласно техническому заданию насосов. Также, для визуальной оценки степени пригодности насоса под рабочую точку к каждому насосу должен быть приложен график с обозначенными на нем: гидравлическими характеристиками насоса, гидравлической характеристикой трубопроводной сети, рабочей точкой и точкой пересечения гидравлической характеристики насоса и гидравлической характеристики трубопроводной сети. В случаях, когда предусмотрены резервные насосы, подбор должен осуществляться по последнему основному насосу. Формальную модель технического решения на подбор можно выразить формулой (4):

$$S = \{p_1, p_2, \dots, p_n >, n \in N_0, \quad (4)$$

где p_i ($i \in [1, n]$) – подобранный согласно техническому заданию насос.

Стоит отметить, что подбор насоса – процесс итеративный, т.е. инженеру не всегда с первого раза удается подобрать оптимальный, как с точки технических характеристик, так и с точки зрения итоговой стоимости, насос. Таким образом, между началом подбора и моментом принятия решения о том, что насос полностью удовлетворяет техническому заданию, может

быть произведено несколько итераций подбора с изменением некоторого ряда параметров, как правило опциональных.

На рисунке 1 представлена общая схема процесса подбора в нотации BPMN:

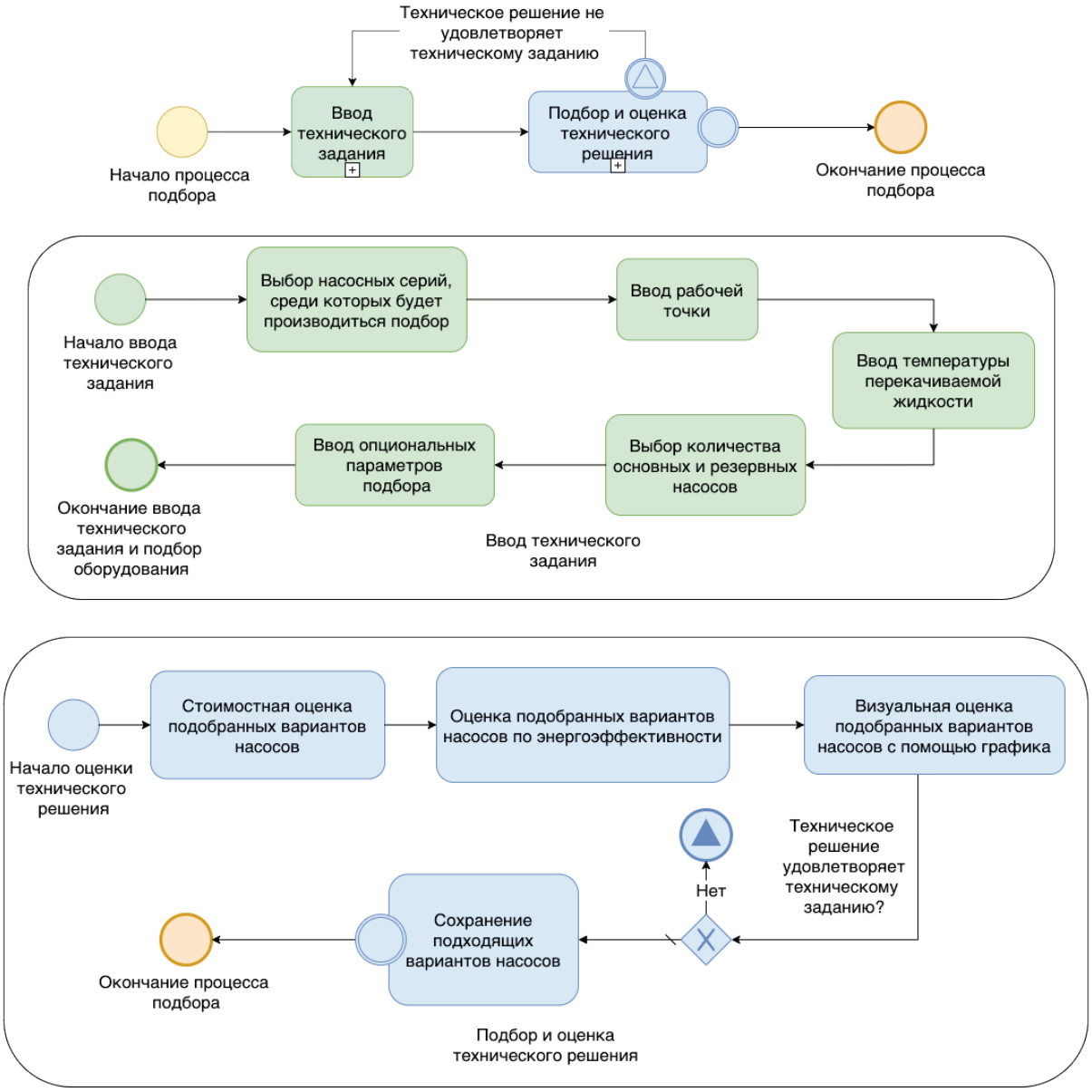

Рисунок 1 – Общая схема процесса подбора

3. Основные требования и особенности дизайна программного обеспечения

Основываясь на вышеописанном, а также, учитывая тот факт, что при подборе необходимо учитывать довольно большой набор технических параметров, для достижения основных целей, а именно снижения рисков ошибок инженера, можно определить к дизайну программного обеспечения для подбора насосного оборудования ряд требований:

- Функциональность. Интерфейс должен предоставлять полный спектр параметров для ввода технического задания на подбор, а также наиболее удобные варианты просмотра и оценки технического решения

- Обеспечение высокой скорости работы пользователя. Интерфейс должен минимизировать время, затрачиваемое инженером на ввод технического задания и оценку технического решения
- Обеспечение защиты от человеческих ошибок. Интерфейс не должен позволять пользователю произвести подбор с невозможными с точки зрения физики параметрами технического задания
- Быстрое обучение пользователя. Интерфейс должен быть построен с учетом ожиданий и предыдущего опыта работы пользователя в информационных системах. Также, интерфейс должен предоставлять справочную информацию обо всех неочевидных элементах управления и паттернах поведения
- Интерфейс должен отвечать ряду требований, направленных на субъективное удовлетворение пользователя: скругленные края у окон и элементов управления; сдержанная цветовая палитра, содержащая не более трех контрастирующих цветов; использование модульной сетки, визуальных закономерностей и привязка всех размеров и координат к золотому сечению.

Исходя из вышеуказанных требований, в дизайне программного обеспечения для подбора насосного оборудования можно выделить ряд ключевых особенностей и принципов [9]:

- Принцип минимизации времени доступа к информации: у инженера на протяжении всего процесса подбора вместе с подобранными программной системой вариантами насосов «перед глазами» должны быть исходные параметры технического задания, по которым производится подбор. Таким образом, инженер не затрачивает много времени и усилий при переходе от процесса ввода ТЗ к процессу оценки ТР
- Принцип обработки сверху вниз: информация, относящаяся к ТЗ, должна располагаться выше, чем информация, касающаяся ТР. Это обусловлено строгой последовательностью обработки данных видов информации, а также учитывает ожидания, сформированные на основе более раннего опыта работы с другими информационными системами
- Принцип совместимости: поля для ввода ТЗ следует располагать таким образом, чтобы они имели мысленную близость. Например, числовые поля для ввода напора и расхода следует разместить рядом, также они должны быть одной формы и размера и не различаться по цвету. Это помогает пользователю не разделять внимание между несколькими источниками информации в рамках выполнения одной задачи
- Принцип наименьшего удивления. Интерфейс основной страницы для подбора оборудования должен быть согласован со всеми остальными страницами приложения как по цветовой гамме, так и по способу взаимодействия с основными элементами управления
- Умная фильтрация и принцип чрезмерной выгоды: программная система при введении инженером определенных параметров технического задания должна автоматически сужать круг допустимого для подбора оборудования и информировать его об этом, визуальным (например, выделять определенным цветом) или звуковым способом
- Фиксирование промежуточных результатов: программная система в рамках одного подбора должна позволять сохранять варианты подобранных насосов

Таким образом, с учетом актуальности разработки и вышеописанных особенностей, а также на основе вышеуказанных требований, был спроектирован, разработан и запатентован [10] программный комплекс по мультибрендовому мультиколичественному подбору насосного оборудования Pump manager, дизайн которого позволяет решить обозначенные проблемы: снизить количество возможных допустимых инженерами ошибок и увеличить эффективность подбора оборудования [6].

Рассмотрим дизайн основной страницы подбора насосов Pump manager более детально (рисунок 2). На странице можно выделить две основные области: область технического задания (выделена красным) и область технического решения (выделена зеленым).

Область технического задания – область с элементами управления для ввода параметров технического задания на подбор: бренды, из которых будут выбираться насосы; температура перекачиваемой жидкости, варианты типов насосов и областей их применения, наличие в насосах встроенного регулирования; рабочая точка, представленная напором и расходом; запас по напору и мощности, количество основных и резервных насосов, рабочий диапазон.

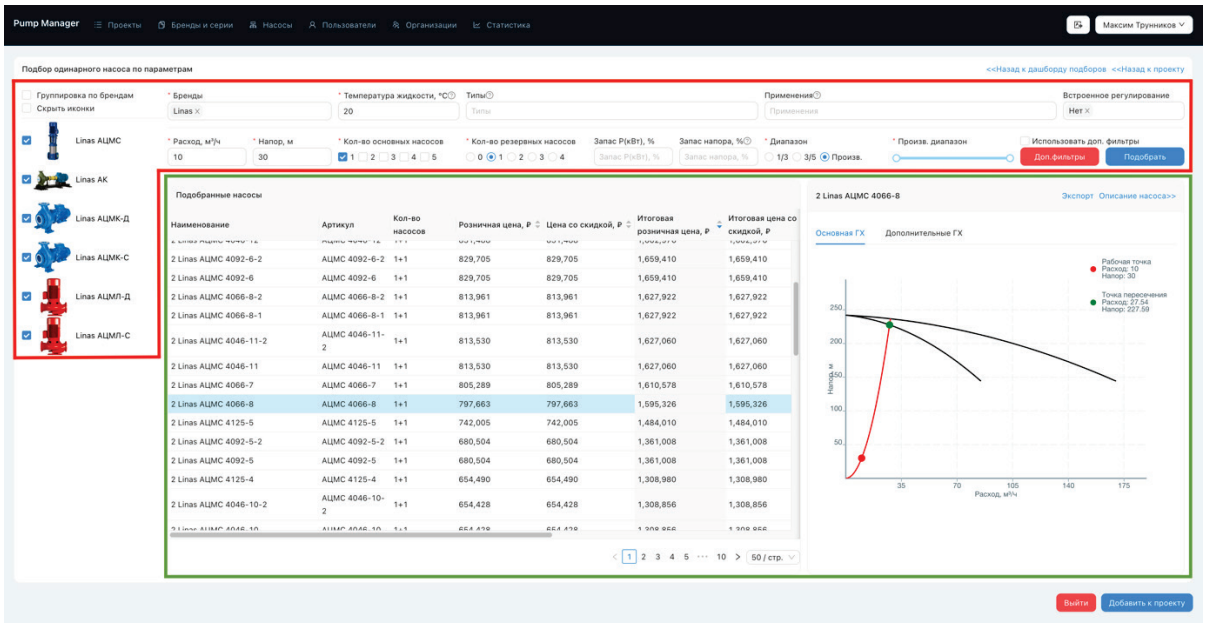

Рисунок 2 – Основная страница подбора одинарных насосов для водоснабжения Pump manager

Область технического решения – область, содержащая информацию о подобранном насосном оборудовании. Представлена в виде таблицы со списком насосов и графиком гидравлических характеристик насоса для визуальной оценки степени пригодности насоса под рабочую точку.

Очень важно, чтобы эти две области располагались на одном экране. Так у инженера всегда будет возможность подкорректировать некоторые параметры для получения более подходящего результата, избегая лишних переходов по страницам приложения и не теряя этих параметров из виду.

4. Область технического задания

Рассмотрим область технического задания более детально.

4.1. Иконки насосных серий

Иконки насосных серий (рисунок 3) помогают инженеру лучше ориентироваться в тех сериях, с которыми ему предстоит работать. Особенно это актуально для инженеров, только начинающих работать с программным комплексом. Для более опытных специалистов нет смысла занимать много рабочего пространства иконками, поэтому интерфейс должен обладать возможность их скрыть, а также, сгруппировать серии по брендам. Также, иконки, как элементы визуального сопровождения, повышают субъективную удовлетворенность пользователя.

4.2. Выделение допустимых серий цветом

В процессе ввода параметров технического задания пользователю системы – инженеру – необходимо давать понять, как они отражаются на допустимых для подбора сериях. В разработанном программном комплексе Pump manager данная задача была решена следующим образом:

- Когда пользователь изменяет значения типов насосов, их областей применения или встроенного регулирования, система автоматически снимает галочки с тех серий, которые не подходят под введенные параметры. Например, на рисунке 4 видно, что при выборе в поле «Типы» варианта «Ин-лайн», были автоматически сняты галочки со всех серий, кроме CNP TD и CNP TD-Energy

- Когда пользователь изменяет значение температуры перекачиваемой жидкости, система автоматически изменяет цвет текста серий. Красным цветом обозначаются серии, в которых нет насосов, подходящих под заданную температуру; желтым – в которых лишь часть насосов подходит под заданную температуру; цвет серий, где все насосы подходят под заданную температуру, остается без изменений

Пользователь может получить информацию о значении этих цветов воспользовавшись подсказкой.

Рисунок 3 – Иконки насосных серий

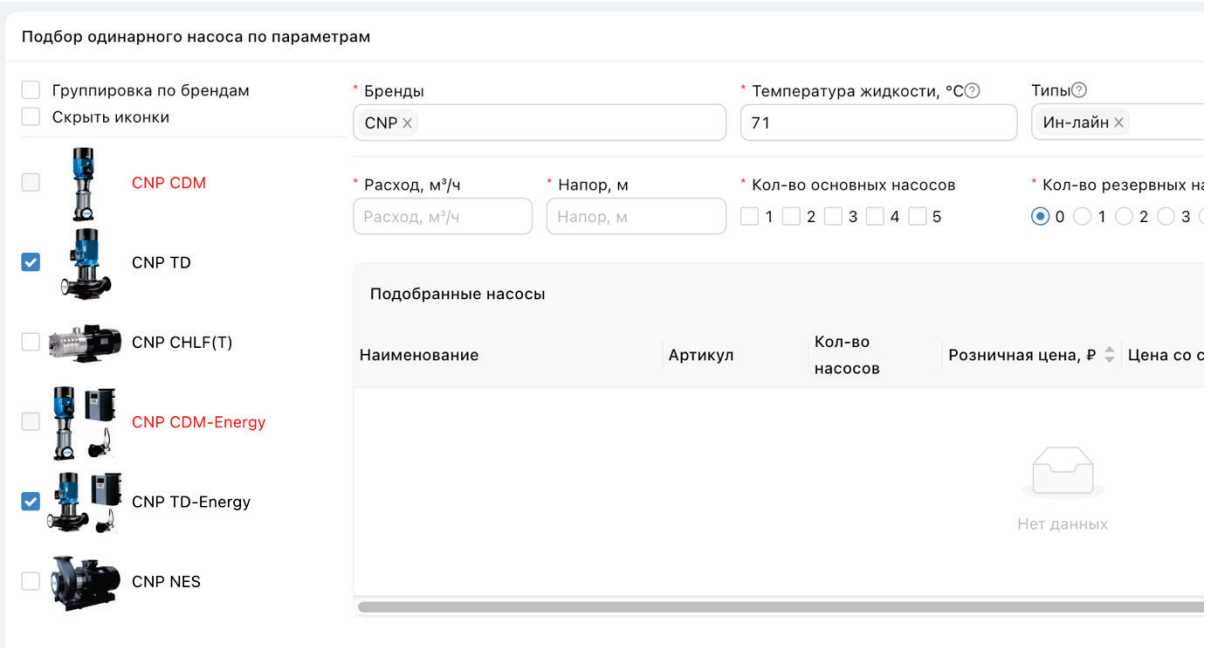

Рисунок 4 – Выделение недопустимых для подбора серий цветом

Таким образом, повышается функциональность интерфейса: при вводе технического задания инженер всегда будет видеть, как вводимые им параметры сужают или расширяют круг допустимых для подбора серий.

4.3. Дополнительные фильтры.

Как упоминалось выше, параметры технического задания делятся на обязательные и опциональные. Опциональные параметры используются нечасто, поэтому поля для их ввода лучше поместить за рамками основной рабочей области, например во всплывающее окно или шторку (рисунок 5). Это повышает функциональность интерфейса и обеспечивает более высокую скорость работы с ним.

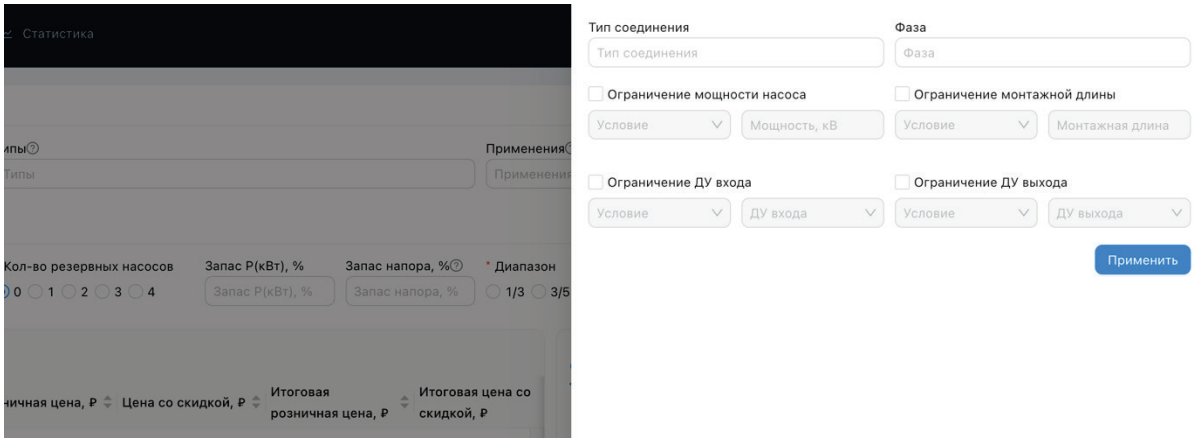

Рисунок 5 – Шторка с опциональными параметрами

Следует отметить, что разница во времени между тем, когда насос был подобран, и когда он начнет эксплуатироваться, может составлять до нескольких лет. Поэтому, когда через некоторое время инженер вернется к подбору, система должна показать ему, что при подборе были использованы некоторые дополнительные фильтры. В случае с Pump manager это было реализовано с помощью флаговой кнопки «Использовать доп. фильтры» (рисунок 6).

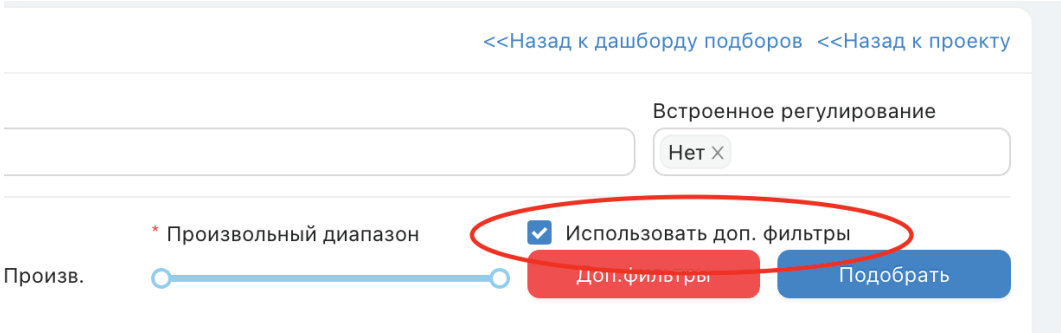

Рисунок 6 – Флаговая кнопка использования дополнительных фильтров

5. Область технического решения

Рассмотрим более детально область технического решения (рисунок 2).

5.1. Таблица подобранных насосов

Таблица (рисунок 7) является наиболее удобной формой структурирования данных, позволяющая распределить их по однотипным строкам и столбцам.

В таблице должен соблюдаться приоритет колонок, от наиболее важных к наименее важным слева направо. Наиболее важными параметрами являются стоимость и мощность подобранных насосов. По одному из вышеупомянутых приоритетных показателей записи в таблице должны быть отсортированы по умолчанию. В случае Pump manager – по итоговой цене подобранных насосов.

Также, для оценки и сравнения полученных в результате подбора насосов таблица должна давать возможность пользователю отсортировать записи по остальным колонкам. Все это повышает функциональность интерфейса и повышает скорость работы инженера.

Подобранные насосы

Наименование	Артикул	Кол-во насосов	Розничная цена, ₽	Цена со скидкой, ₽	Итоговая розничная цена, ₽	Итоговая цена со скидкой, ₽	ДУ вход
2 CNP CHLF(T) 8-40	100088525	1+1	41,109.12	25,487.65	82,218.24	50,975.31	40
2 CNP CHLF(T) 8-50	100088533	1+1	45,597.44	28,270.41	91,194.88	56,540.83	40
2 CNP CHLF(T) 12-30	100088557	1+1	47,724.16	29,588.98	95,448.32	59,177.96	40
2 CNP CDM 10-4	1100090742	1+1	50,444.16	31,275.38	100,888.32	62,550.76	40
2 CNP CDM 10-5	1100090743	1+1	53,038.72	32,884.01	106,077.44	65,768.01	40
2 CNP NES 50-32-160(155)-2,2-2	NES 50-32-160(155)-2,2-2	1+1	53,381.76	33,096.69	106,763.52	66,193.38	50
2 CNP CHLF(T) 12-40	100088565	1+1	53,552	33,202.24	107,104	66,404.48	40
2 CNP TD32-33G/2	TD32-33G/2SWHCJ	1+1	54,316.16	33,676.02	108,632.32	67,352.04	32
2 CNP TD65-37G/2	TD65-15G/2SWHCJ	1+1	55,779.84	34,583.5	111,559.68	69,167	65
2 CNP CDM 10-6	1100090744	1+1	57,046.4	35,368.77	114,092.8	70,737.54	40
2 CNP NES 50-32-160(155)-3-2	NES 50-32-160(155)-3-2	1+1	60,179.2	37,311.1	120,358.4	74,622.21	50
2 CNP NES 50-32-160(165)-3-2	NES 50-32-160(165)-3-2	1+1	60,179.2	37,311.1	120,358.4	74,622.21	50
2 CNP NES 50-32-160(174)-3-2	NES 50-32-160(174)-3-2	1+1	60,179.2	37,311.1	120,358.4	74,622.21	50

< 1 2 3 4 5 ··· 19 > 50 / стр.

Рисунок 7 – Таблица подобранных насосов

5.2. График гидравлических характеристик

Для визуальной оценки степени пригодности насоса под рабочую точку и определения возможно допустимого запаса или допуска по напору для каждого подобранного насоса инженеру необходим график (рисунок 8), содержащий гидравлические характеристики подобранных насосов и гидравлическую характеристику сети. Рабочая точка и точка пересечения гидравлической характеристика насосов и гидравлической характеристики сети должны быть визуально отличимы.

Наличия графика позволяет снизить риск ошибки при подборе за счет возможности наглядной визуальной оценки насоса, а также повышает субъективную удовлетворенность пользователя.

5.3. Дополнительная информация о насосе

Также, в некоторых ситуациях инженеру может понадобиться дополнительная информация о подобранном насосе, например: сведения о физических размерах насоса, электрическая схема или, так называемая, взрыв-модель. Так как секция с такой информацией не является часто используемой, то для повышения функциональности и скорости работы с интерфейсом, следует вынести эту секцию отдельно. В случае Pump manager данная информация размещена в боковой шторке (рисунок 9).

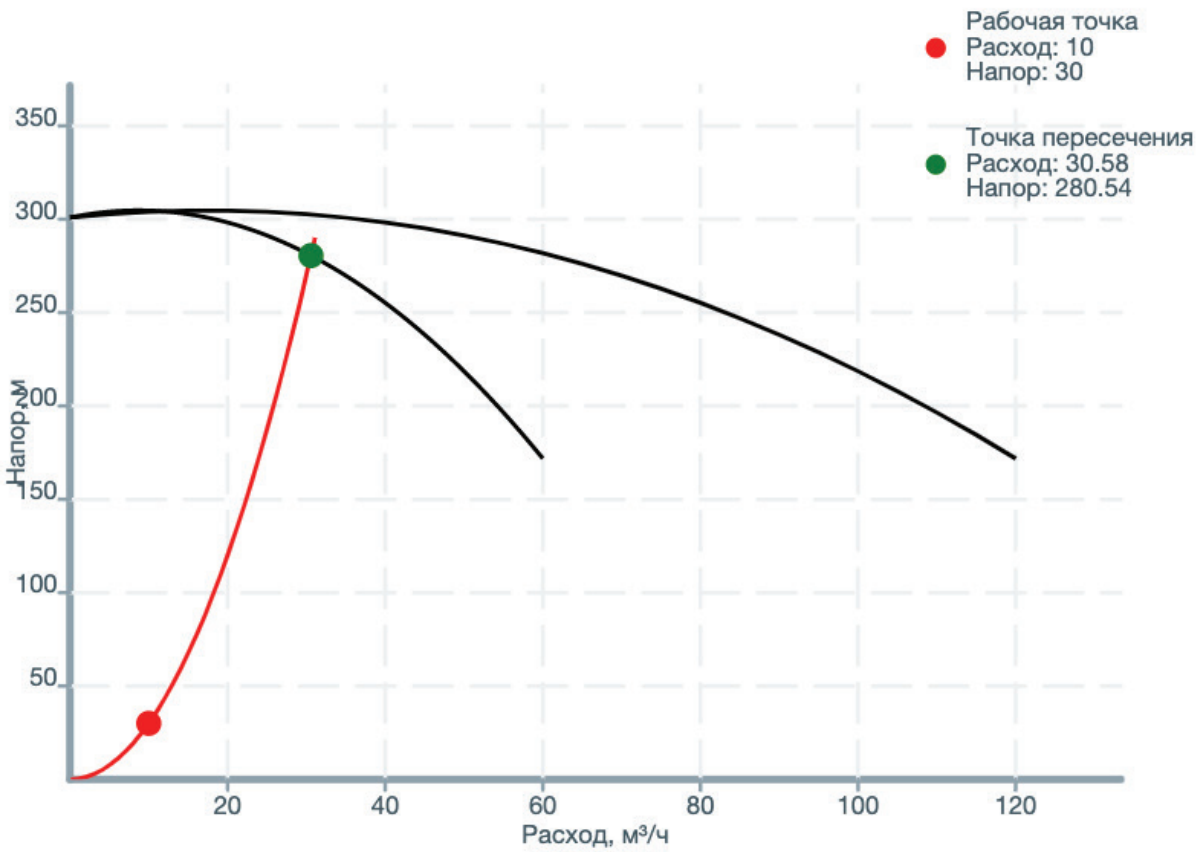

Рисунок 8 – График гидравлических характеристик насосов и трубопроводной сети

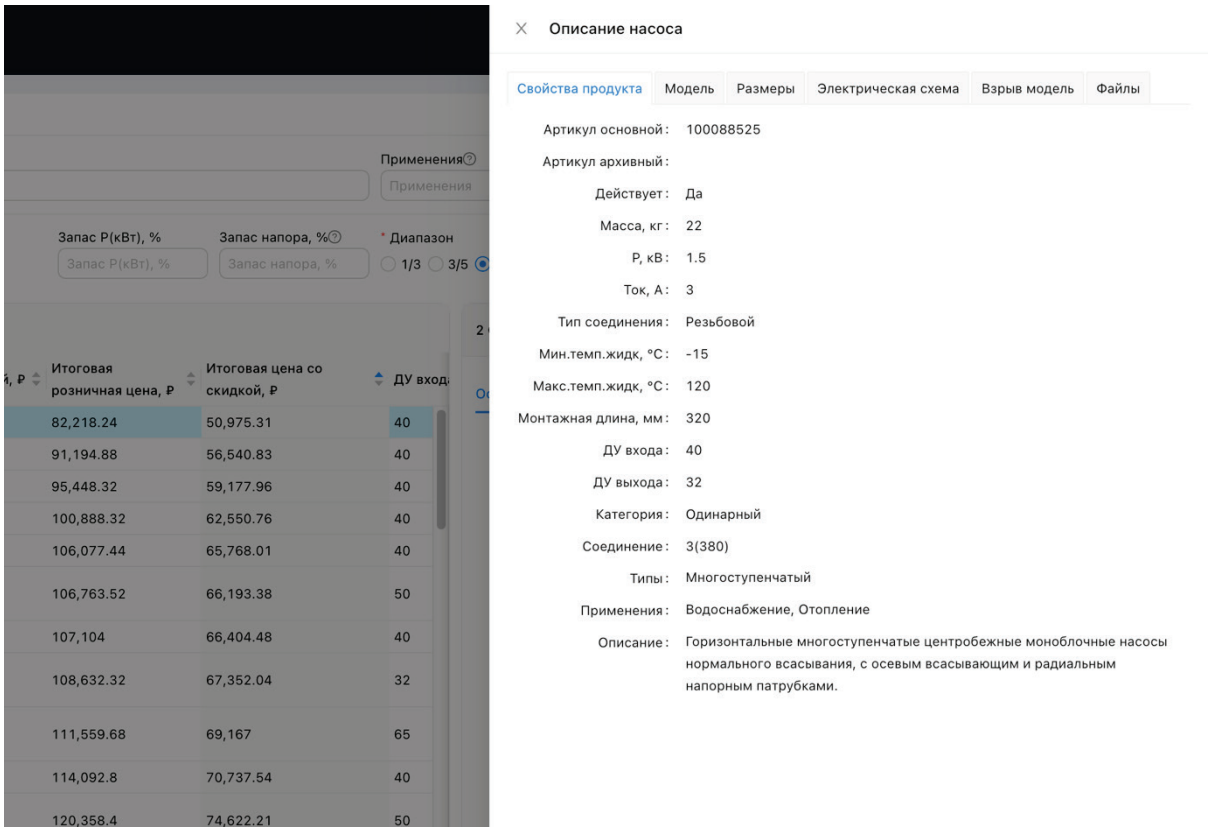

Рисунок 9 – Шторка с дополнительной информацией о насосе

5.4. Сохранение подобранных насосов

Очень важной деталью работы с программным комплексом является возможность для инженера сохранения подобранных насосов для последующей работы с ними (рисунок 10). При этом сохранение одного насоса не должно завершать процесс работы с проектом и подбора в целом, а также не должно происходить переходов между страницами веб-приложения, так как инженеру может понадобиться сохранить несколько вариантов насосов для текущего технического задания. Это значительно повышает эффективность работы инженера и снижает риски возникновения ошибок при повторном вводе технического задания.

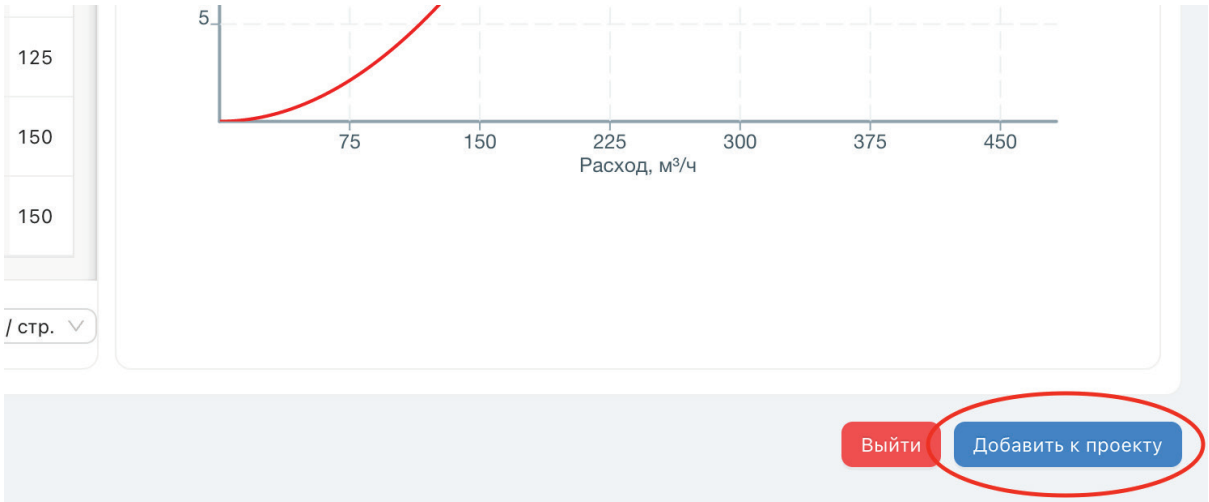

Рисунок 10 – Кнопка добавления подобранного насоса к проекту

6. Заключение и выводы

Задача проектирования интерфейсов для сложных инженерных систем, эксплуатируемых в условиях дефицита высококвалифицированных специалистов в области проектирования систем водоснабжения и пожаротушения, в случае, когда ошибка в подборе соответствующего оборудования может привести к серьезным последствиям, в том числе и техногенной сфере, является одной из ключевых в проектировании и разработке программного комплекса для решения инженерных задач по подбору насосного оборудования для водоснабжения зданий и сооружений различной сложности.

В ходе выполнения работы был спроектирован и разработан программный комплекс для решения инженерных задач по подбору насосного оборудования для водоснабжения сооружений, дизайн которого отвечает предъявляемым требованиям и решает поставленные задачи.

- Области ТЗ и ТР были размещены на одном экране, вся дополнительная и редко-используемая информация помещена в боковые шторки. Это повышает функциональность интерфейса и скорость работы с ним
- Интерфейс имеет сдержанную цветовую гамму и большой набор справочной информации. Также, все окошки и элементы управления имеют скругленные края. Все это положительно сказывается на субъективной удовлетворенности пользователя и повышает скорость обучаемости работы с интерфейсом
- Реализована возможность сохранения нескольких вариантов подобранных насосов в рамках одного подбора, что повышает эффективность подбора оборудования, а также снижает количество возможных допустимых инженером ошибок
- Интерфейс обладает системой интеллектуальных фильтров, позволяющих инженеру процессе ввода параметров технического задания понимать, как вводимые им параметры технического задания отражаются на допустимых для подбора сериях. Это также повышает

функциональность интерфейса и снижает количество возможно допустимых инженером ошибок при подборе

Большинство особенностей и принципов дизайна разработанного программного комплекса могут быть использованы и применены в разработке программного обеспечения для подбора другого различного оборудования, например, вентиляционного и систем пожаротушения.

7. Список источников

[1] Beatriz C. Guerra. Circular economy applications in the construction industry: A global scan of trends and opportunities // Journal of Cleaner Production. 2021. Vol. 324. Article 129125.

[2] Gyllin M. Computer aided product selection tool aids German municipality in pump search // World Pumps. 2005. Vol. 2005. pp. 30-32.

[3] Xiaohui L. Correction of pumping station parameters in a one-dimensional hydrodynamic model using the Ensemble Kalman filter // Journal of Hydrology. 2019. Vol. 568. pp. 108-118.

[4] Olszewski P. Parametric analysis of pumping station with parallel-configured centrifugal pumps towards self-learning applications // Applied Energy. 2018. Vol. 231. pp. 1146–1158.

[5] AG Wilo. Intelligent pumps for building automation systems // World Pumps. 2007. Vol. 2007. pp. 26-32.

[6] Титарев Д.В., Трунников М.В., Володин П.Ю. Проектирование и разработка программного комплекса для автоматического подбора насосных станций водоснабжения и формирования технико-коммерческих предложений // Информационные и математические технологии в науке и управлении. 2021. № 2 (22). С. 105-114.

[7] Peiyuan Mi. Integrated optimization study of hot water supply system with multi-heat-source for the public bath based on PVT heat pump and water source heat pump // Applied Thermal Engineering. 2020. Vol. 176. Article 115146.

[8] Lijian Shi. Numerical simulation and experimental study on the comparison of the hydraulic characteristics of an axial-flow pump and a full tubular pump // Renewable Energy. 2020. Vol. 153. pp. 1455-1464.

[9] Christopher D. Wickens. An Introduction to Human Factors Engineering // PHI; 2nd edition, 2011. 567 p.

[10] Pump manager: свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021669988 Российская Федерация / Д.В. Титарев, П.Ю. Володин, М.В. Трунников.