

УДК 626.923.2

**И. Ф. Юрченко, В. В. Трунин**

Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации,  
Москва, Российская Федерация

## **СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО ВОДОРАСПРЕДЕЛЕНИЮ НА БАЗЕ ВЕБ-ТЕХНОЛОГИЙ**

Цель работы – совершенствование и повышение эффективности оперативного управления водораспределением за счет использования информационных технологий в практике диспетчерской службы межхозяйственных оросительных систем. Рассмотрены вопросы модернизации системы управления водораспределением на межхозяйственных оросительных системах, базирующиеся на методологии системного анализа, методах моделирования сложных систем; имитационного и математического моделирования; теории оптимальных решений, создания новых информационных технологий. Разработаны модели, алгоритмы и процедуры управления водораспределением на межхозяйственных оросительных системах, обеспечивающие: гарантированное равноправное водораспределение на основе принципов стабильности и равномерности водоподачи; минимизацию непродуктивных затрат воды; ведение объективной статистики по широкому ряду показателей качества управления – и ориентированные на унификацию оросительных систем, использующих методическое и программное обеспечение системы поддержки управленческих решений (СППР). Выполнен анализ актуальных тенденций и применяемых подходов к разработке информационных управляющих систем и установлено преимущество использования в качестве программно-технологической платформы СППР веб-технологий, реализованных в формате «облачных технологий», предоставляющих Интернет-пользователю компьютерные ресурсы в режиме «онлайн-сервиса». По результатам анализа предложений от ведущих компаний в части сервисов «облачных технологий» разработана СППР по водораспределению на основе продукта Google. Таким образом, применение инновационных технологий в сфере обработки информации обеспечит высокий потенциал созданного приложения управления водопользованием на межхозяйственных оросительных системах.

Ключевые слова: водораспределение, оперативное управление, контроль, анализ, качество управления, оценка эффективности, веб-технологии, облачные технологии.

**I. F. Yurchenko, V. V. Trunin**

All-Russian Research Institute for Hydraulic Engineering and Reclamation, Moscow, Russian Federation

## **DECISION SUPPORT SYSTEM FOR WATER ALLOCATION BASED ON WEB TECHNOLOGIES**

The purpose of the study is to improve and increase the efficiency of operational management of water distribution using information technology at the work of dispatching service for inter-farm irrigation systems. The issues of the management improvement of water distribution at the inter-farm irrigation systems were considered based on the methodology of Systems Analysis, methods of modeling of complex systems, simulation and mathematical modeling, theory of optimal solutions, creating new information technologies. The models, algorithms, and procedures for the management of water distribution at the inter-farm irrigation systems were developed to provide guaranteed equitable water allocation on the basis of stability and uniformity of water supply, minimizing unproductive water losses, and conducting

objective statistics on a wide range of quality control criteria. These models were focused on the unification of irrigation systems using methodical and decision support systems (DSS) software. The analysis of current trends and approaches for developing information management systems was done, and the advantage of implementing a software and technology platform for DSS using "cloud computing" as on-line service for Internet user was established. Analyzing the offers from the leading companies specialized on "cloud computing" the DSS for water allocation was developed based on the Google product. Thus, the use of innovative technologies in the field of information processing will provide a high potential of the created application for control of water usage at inter-farm irrigation systems.

Keywords: water distribution, operational management, monitoring, analysis, quality control, estimate of efficiency, web technology, cloud computing.

Наметившаяся тенденция восстановления и модернизации мелиоративного фонда, обусловленная принятием Правительством Российской Федерации федеральной целевой программы «Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения России на 2014-2020 годы» [1], безусловно, требует совершенствования управленческой деятельности на основе использования систем поддержки принимаемых решений (СППР) при эксплуатации гидротехнических сооружений оросительных систем.

Новые подходы к управлению необходимы и в связи с постепенным, но стабильным изменением хозяйственного механизма, вызванным переходом от системы крупных водопользователей к системе с большим числом производителей сельскохозяйственных товаров, хозяйства которых расположены на одной водораспределительной системе.

Интерес отечественной и зарубежной науки к совершенствованию водопользования, возросший в настоящее время, обусловлен его сильнейшим влиянием на почвенное плодородие и устойчивость агроландшафта, которые подлежат учету при формировании нового поколения систем земледелия, ориентированных на обеспечение экологически устойчивых, высокопродуктивных аграрных и экологических систем.

В современном мире правильное и принятое вовремя решение зачастую может предопределить результат всех дальнейших действий, следовательно, качество принимаемых решений в управленческой деятельности приобретает первостепенное значение. Весьма значимым фактором явля-

ется временной промежуток между постановкой проблемы (например, подачи заявки на воду) и принятием решения диспетчером водораспределительной системы. Указанным требованиям к функциональным возможностям систем поддержки решений наиболее полно отвечают информационные технологии, реализованные в формате СППР.

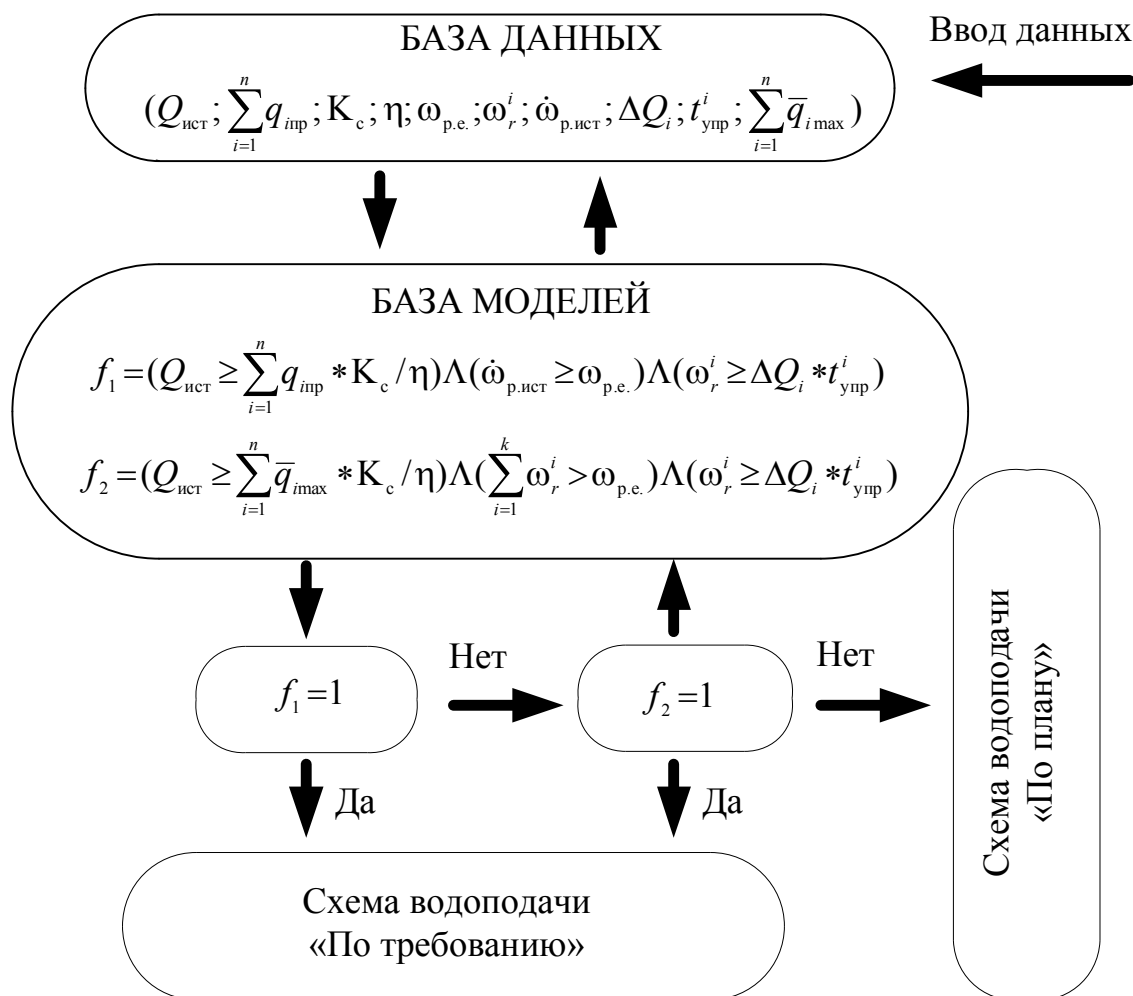
Разработка, внедрение и использование автоматизированных информационных технологий поддержки диспетчерских решений по управлению водопользованием является важнейшим условием для эффективной реализации планов водопользования и равноправного вододеления, обеспечивающего стабильность и равномерность водоподачи и исключающего непродуктивные затраты воды.

Цель настоящей работы заключается в совершенствовании и повышении эффективности оперативного управления водораспределением за счет использования информационных технологий в практике диспетчерской службы межхозяйственных оросительных систем. Поставленная цель достигается созданием компьютерной технологии, реализуемой в формате веб-приложения, базирующегося на широко применяемых сегодня облачных сервисах.

Ядро математического аппарата информационной системы представлено решением задачи выбора метода водораспределения – «по плану» или «по потребности» – и планирования фактического водораспределения в зависимости от складывающейся ситуации. Блок-схема выбора управляющих воздействий при водораспределении на межхозяйственной оросительной сети представлена на рисунке 1.

Назначение управляющих воздействий в процессе оперативного управления водораспределением обусловлено водообеспеченностью системы, фактически сложившимся водопотреблением, техническими и технологическими характеристиками системы. Модели, алгоритмы и процедуры технологии автоматизированного управления водораспределением

обеспечивают оперативный анализ соотношений наличествующих объемов и требующихся расходов воды, определяют значения ограничений и формируют результирующие решения по водораспределению в соответствии с возможностями системы и потребностями пользователей.



$f_1$  и  $f_2$  – логические условия;  $Q_{ист}$  – расход источника орошения, м<sup>3</sup>/с;

$\sum_{i=1}^n q_{инп}$  – планируемый расход водоподдачи, м<sup>3</sup>/с;  $K_c$  – коэффициент спроса;  $\eta$  – КПД

оросительных каналов;  $\wedge$  – символ логического умножения;  $\omega_{р.е.}$  – резервная емкость, требуемая для обеспечения суточного саморегулирования системы при минимальных затратах на управление, м<sup>3</sup>;  $\omega_r^i$  – резервная емкость  $i$ -ого участка, м<sup>3</sup>;

$\Delta Q_i$  – возмущающие воздействия;  $t_{упр}^i$  – время реализации управления (доставки

компенсирующего расхода) на  $i$ -м участке канала, с;  $\sum_{i=1}^n \bar{q}_{i\max}$  – максимальный

среднесуточный расход водоподдачи, м<sup>3</sup>/с

**Рисунок 1 – Блок-схема выбора управляющих воздействий при водораспределении на межхозяйственной оросительной системе**

Выбор программно-технологической платформы в качестве основы для реализации СППР осуществлялся по результатам анализа актуальных тенденций и применяемых подходов к разработке информационных управляющих систем

На практике был выявлен ряд очевидных преимуществ веб-технологий в части:

- обеспечения максимально оперативной связи разработчика с потребителем;

- повышения эффективности сопровождения разработчиком программного продукта на стадии эксплуатации за счет возможности удаленной работы без потери функциональных свойств;

- отсутствия привязки пользователя к конкретному персональному компьютеру. Включение пользователя в работу возможно при помощи любого персонального компьютера (ПК) с доступом к сети Интернет, а также при помощи мобильных устройств. Это значительно повышает надежность СППР, т. к. в случае поломки основного рабочего компьютера или сбоя в его программном обеспечении оператор может продолжить работу без потери данных и времени на ремонт при помощи любого другого ПК;

- высокого уровня сотрудничества водопотребителя и оператора, что подразумевает такие аспекты, как: интуитивно понятный и в то же время жестко формализованный способ общения, максимально возможная скорость передачи заявок оператору и их включения в работу, автоматическое электронное документирование информации, поступающей от водопотребителей;

- обеспечения работы системы в автоматическом режиме даже в те моменты, когда оператора нет на рабочем месте. Таким образом, приступив к работе, оператор сможет увидеть всю картину изменений, произошедших за время его отсутствия, провести анализ и максимально оперативно скорректировать работу системы. Данный аспект крайне важен для

целей увеличения детальности (оперативное планирование для небольших промежутков времени) и точности планирования;

- снижения нагрузки на оператора. Исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод о том, что оператору остается минимально возможное количество «рутинной» работы, что освобождает пользователя для работы непосредственно над оперативным планированием и управлением;

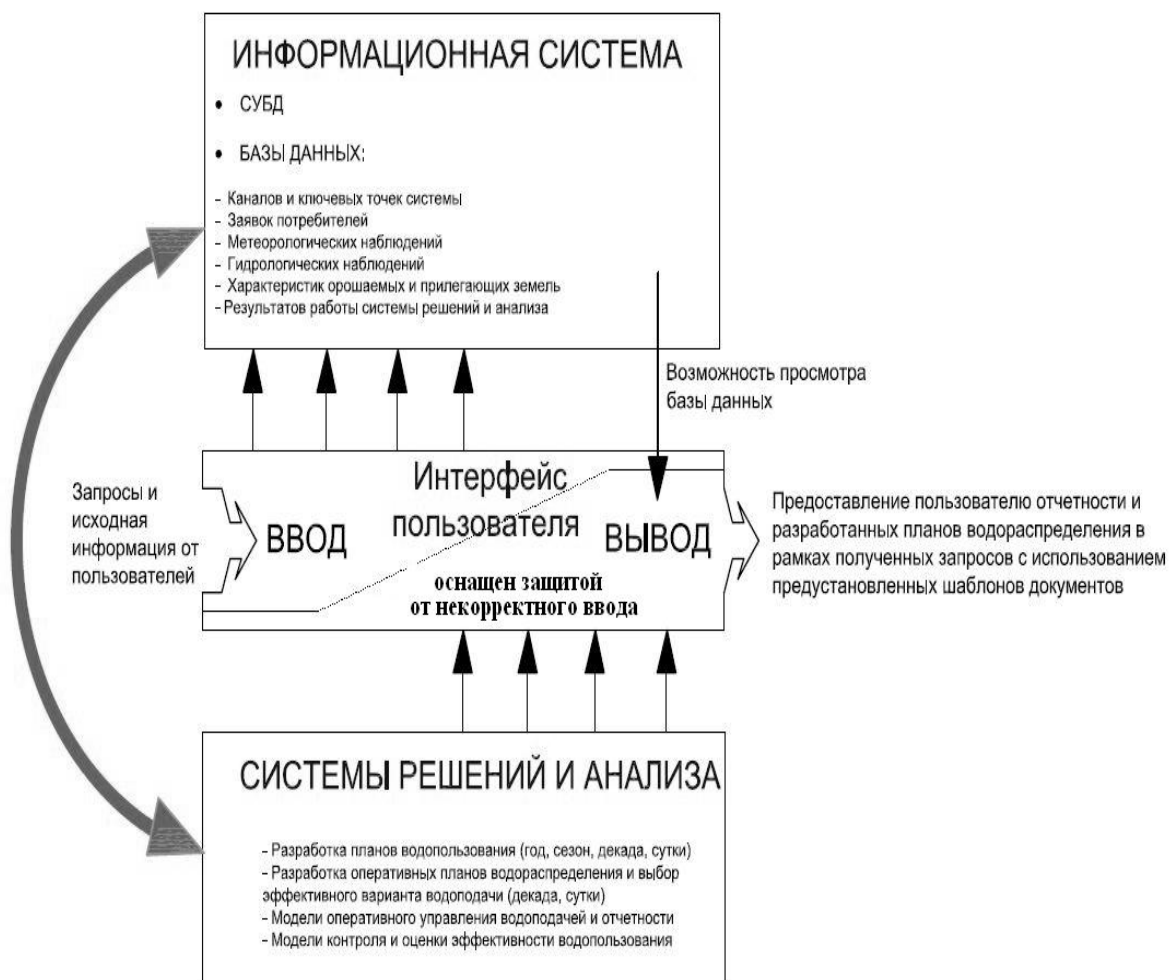
- экономии средств за счет отсутствия необходимости построения локального аппаратного комплекса на диспетчерском пункте [2, 3];

- высокого уровня надежности и защищенности системы. Достигается за счет использования технологий защиты информации, предоставляемых компанией-поставщиком услуг по размещению и обеспечению работы веб-приложения. Как правило, такими компаниями являются крупные корпорации, уделяющие вопросам безопасности должное внимание, что невозможно при создании приложения «на заказ» группой разработчиков.

Облачные технологии можно охарактеризовать как технологии обработки данных, в которых компьютерные ресурсы предоставляются Интернет-пользователю в виде «онлайн-сервиса». Слово «облако» присутствует в качестве метафоры, олицетворяющей сложную инфраструктуру, скрывающую за собой все технические детали. Основные отличия различных поставщиков таких услуг – набор предлагаемых программных продуктов, стоимость, объем хранилища для информации пользователя. По результатам рассмотрения предложений ведущих компаний, предлагающих «облачные технологии», выбор был сделан в пользу сервисов Google. На сегодняшний день получение полноценного функционала для однопользовательской версии у данной компании совершенно бесплатно, что важно для процесса разработки. В состав сервиса входят программы, необходимые для офисной работы, а также набор средств для разработки новых приложений, размещения их в сети Интернет и управления доступом к ним. В многопользовательском варианте (версия «для бизнеса») есть все необходимое

для создания учетных записей новых пользователей и управления ими.

Отдельное внимание уделялось функциональной структуре разрабатываемого веб-приложения в ее взаимосвязи со структурой автоматизированной технологии оперативного управления водораспределением на межхозяйственной оросительной системе. Последняя включает три системы: информационную, анализа и решений (рисунок 2).



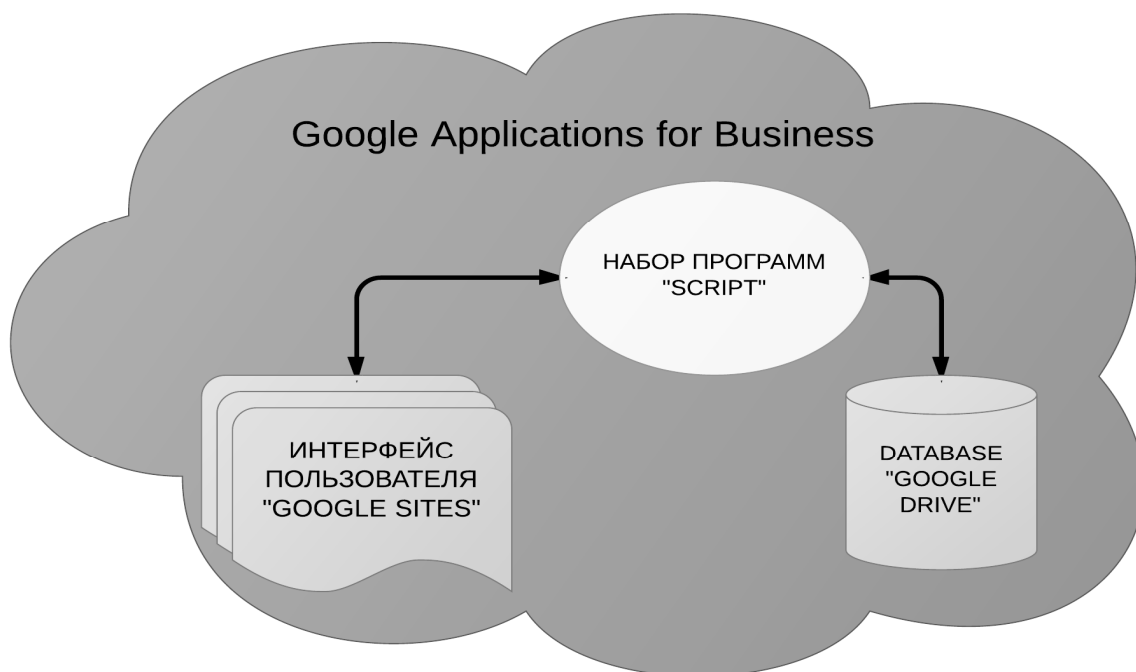
**Рисунок 2 – Структура автоматизированной технологии**

Информационная система, по сути, является основной базой данных, поступающих от пользователя, и объединяет в себе следующие компоненты: методы формирования знания на основе общей базы данных, процедуры подготовки информации для принятия решения, входных и выходных данных при моделировании технологических процессов. Система анализа включает модели состояния, контроля и оценки, используемые для вариан-

тов системного водораспределения, а также формирует отчеты по запросам пользователей.

Специальные входные данные, также как и выходные данные от этих моделей, хранятся в базах данных информационной системы. Там же хранятся данные для моделей оперативной отчетности и результаты их функционирования. Базы данных организуются и поддерживаются средствами системы управления базой данных (СУБД). Система решений включает разработку системных планов водопользования и поиск эффективного варианта водораспределения при заданных критериях оценки управления технологическим процессом водораспределения в целом на основе ключевых параметров эффективности [4].

Представленная выше структура автоматизированной технологии реализована на основе различных «облачных» сервисов, структура их взаимодействия приведена на рисунке 3. Принципиальное устройство разработанного веб-приложения (рисунок 3) включает в себя три основных блока, функционирующих внутри «облачного» сервиса.



**Рисунок 3 – Принципиальная схема устройства веб-приложения**

Водопотребители и диспетчер работают с приложением при помощи



интерфейса, размещенного в интернете в виде сайта. Поступление, хранение и работа с заявками на воду, планирование, разрабатываемые управленческие решения, оценка эффективности, отчеты – реализованы через интерфейс сайта.

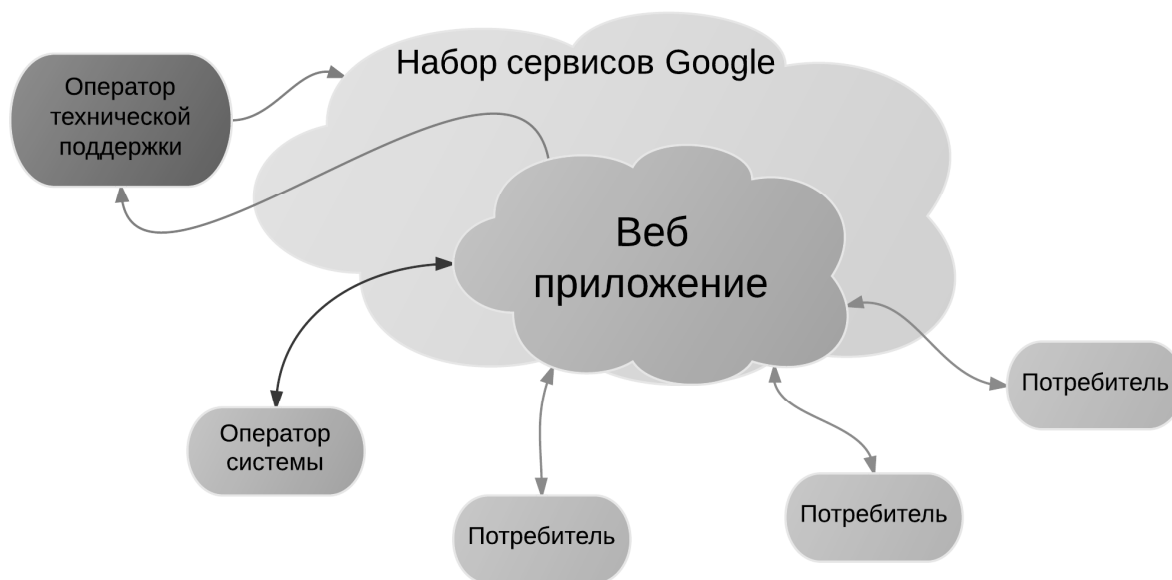
Роль информационной системы (рисунок 2) выполняет база данных, выполненная в сервисе Google Drive (рисунок 3). Данный сервис предоставляет возможность не только хранить информацию в виде электронных автоматизированных таблиц, но также обеспечивает широкие возможности по работе с электронными документами, например, совместную работу над одним документом нескольких пользователей одновременно. В будущем это, безусловно, положительно скажется на развитии разрабатываемой технологии. В качестве системы решений и анализа (рисунок 2) выступает набор программ Google Applications Script. Стоит отметить, что данный набор программ, выполненных при помощи адаптированного для «облачных» сервисов языка программирования Java Script, осуществляет не только обработку информации, хранящейся в базе данных, но и обеспечивает работу всех составных частей веб-приложения, а также их взаимоотношение и передачу данных между ними. При таком способе реализации приложение с минимальными трудозатратами может быть адаптировано для нужд различных оросительных систем с древовидной структурой каналов. Интерфейс для пользователей (диспетчера системы и водопотребителей) создан на основе сервиса «Сайты». Основное достоинство данного сервиса – гибкость в вопросе настройки интерфейса и расположения информации на экране пользователя. Очевидно, что данная возможность будет весьма полезна при интеграции веб-приложения на ряд оросительных систем, не связанных между собой, к примеру, единой управляющей компанией или какими-либо другими признаками, подразумевающими единый интерфейс или форму представления отчетности.

Таким образом, можно говорить, что предлагаемая структура ком-

пьютерной технологии обеспечивает разработанной СППР максимальную гибкость в вопросе интеграции на совершенно различные по географическому расположению и заведенному порядку функционирования оросительные системы. Следующий немаловажный аспект при функционировании СППР предлагаемой структуры – организация взаимоотношения между участниками процесса водораспределения, способствующая:

- исключению возможности сговора, т. е. принятию решения «на словах», не документируемого каким-либо образом;
- возможности принятия оператором решений, основанных на субъективной оценке ситуации;
- предоставлению возможности подробного анализа принятых решений и проделанной работы в целом.

Структурная схема взаимодействия участников (рисунок 4) исключает прямые взаимосвязи, т. к. все коммуникации регулируются программным комплексом СППР, следовательно, могут быть жестко формализованы и подробно документированы.



**Рисунок 4 – Структурная схема взаимодействия участников**

Таким образом, можно сделать вывод о высоком потенциале разработанного приложения управления водопользованием на межхозяйствен-

ных оросительных системах, важнейшая отличительная особенность которого – унификация оросительных систем, использующих программное обеспечение СППР, – заложена в применении инновационных технологий в сфере обработки информации.

### **Список использованных источников**

1 ФЦП «Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения России на 2014-2020 годы» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.mcx.ru/documents/document/v7\\_show/25438.htm](http://www.mcx.ru/documents/document/v7_show/25438.htm).

2 Юрченко, И. Ф. Информационные технологии обоснования мелиораций / И. Ф. Юрченко. – М.: Изд-во «Сопричастность», 2000. – 283 с.

3 Трунин, В. В. Технология поддержки управленческих решений по водораспределению на каналах межхозяйственной оросительной системы в формате веб-приложения / В. В. Трунин // Сборник материалов XII международного научно-практического симпозиума и выставки «Чистая вода России», г. Екатеринбург, 14-16 мая 2013 г. – Екатеринбург, 2013. – С. 281-287.

4 Юрченко, И. Ф. Совершенные системы водопользования как фактор сохранения почвенного плодородия и устойчивости сельскохозяйственного производства в орошаемых агроландшафтах / И. Ф. Юрченко, В. В. Трунин // Агрехимический вестник. – 2013. – № 1. – С. 25-27.

---

**Юрченко Ирина Федоровна** – доктор технических наук, зав. лабораторией информационных технологий; Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации, Москва, Российская Федерация.

Контактный телефон: 8 916 328 85 81.

E-mail: [Irina.507@mail.ru](mailto:Irina.507@mail.ru)

**Yurchenko Irina Fedorovna** – Doctor of Technical Sciences, Head of the Laboratory of Information Technologies, All-Russian Research Institute for Hydraulic Engineering and Reclamation, Moscow, Russian Federation.

Contact telephone number: 8 916 328 85 81.

E-mail: [Irina.507@mail.ru](mailto:Irina.507@mail.ru)

**Трунин Владимир Вячеславович** – инженер 1-ой категории, Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации, Москва, Российская Федерация.

Контактный телефон: 8 903 102 18 74.

E-mail: [vladimir.trunin@gmail.com](mailto:vladimir.trunin@gmail.com)

**Trunin Vladimir Vyacheslavovich** – Engineer of the First Category, All-Russian Research Institute for Hydraulic Engineering and Reclamation, Moscow, Russian Federation.

Contact telephone number: 8 903 102 18 74.

E-mail: [vladimir.trunin@gmail.com](mailto:vladimir.trunin@gmail.com)