

Интернет-журнал «Транспортные сооружения» / Russian Journal of Transport Engineering <https://t-s.today>

2022, №1, Том 9 / 2022, N 1, Vol. 9 <https://t-s.today/issue-1-2022.html>

URL: <https://t-s.today/PDF/01SATS122.pdf>

DOI: 10.15862/01SATS122 (<https://doi.org/10.15862/01SATS122>)

## Об опыте эксплуатации базы данных судоходных гидротехнических сооружений

**Колесников Ю.М.**

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский  
Московский государственный строительный университет», Москва, Россия

**Автор, ответственный за переписку:** Колесников Юрий Михайлович, e-mail: [kolesoy@rambler.ru](mailto:kolesoy@rambler.ru)

**Аннотация.** Для принятия эффективных управленческих решений в сфере обеспечения безопасности судоходных гидротехнических сооружений требуется разностороннее информационное сопровождение, реализуемое, в том числе посредством ведения базы данных по ним. Этим достигается формирование в масштабе отрасли комплекса достоверных сведений по различным вопросам эксплуатационной надежности и безопасности судоходных гидротехнических сооружений, обеспечивается своевременное выявление (прогнозирование) и предупреждение кризисных ситуаций на них. В отраслевую базу данных включены сведения о напорных воднотранспортных гидросооружениях, подлежащих в соответствии с законодательством о безопасности гидротехнических сооружений декларированию. Автоматизированная база данных судоходных гидротехнических сооружений представляет собой функционирующий на основе компьютерных технологий информационно-аналитический комплекс, позволяющий накапливать и хранить разнообразную информацию, производить ее корректировку, обработку, выборку и анализ, в том числе ретроспективный, и др. Автор статьи отмечает, для реализации государственной

политики в сфере обеспечения безопасности отраслевых объектов необходимо совершенствовать организацию работ в области своевременного выявления и предупреждения угроз техногенного и природного характера, техническую базу мониторинга, которая является важнейшим условием повышения надежности и оперативности получения комплексной информации, характеризующей состояние их безопасности. В статье по результатам обработки и анализа комплексных информационных сведений дается характеристика состояния безопасности судоходных гидротехнических сооружений, приведены предложения и рекомендации, направленные на обеспечение их безопасной эксплуатации в целях оперативного реагирования, осуществления корректирующих действий в междеklarационный период, а также для планирования на перспективу, произведена оценка эффекта выполненных на гидросооружениях в разное время ремонтно-восстановительных работ.

**Ключевые слова:** судоходные гидротехнические сооружения; обеспечение безопасности; информационное сопровождение; база данных; организация и проведение натурных наблюдений; характеристика эксплуатационного состояния

## On the maintenance experience of navigational hydraulic structures database

Yury M. Kolesnikov

Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia

**Corresponding author:** Yury M. Kolesnikov, e-mail: kolesoy@rambler.ru

**Abstract.** To make effective management decisions in the safety measures field of navigational hydraulic structures, versatile information support is required, which is implemented, including by maintaining a database on them. This achieves the industry scale formation of a reliable set of information on various reliability and safety operational issues of navigational hydraulic structures, ensuring timely detection (forecasting) and prevention of crisis situations on them. The industry database includes information on pressure water transport hydraulic structures subject to declaration in accordance with the legislation on the safety of the hydraulic structure. The automated navigational hydraulic structures database is an information and analytical complex operating on a computer technology basis, which allows you to accumulate and store a variety of information, correct it, process, select and analyze, including retrospective, etc. The author of the article notes that for the implementation of the state policy in the safety measures field of industrial facilities, it is necessary to

improve the work organization in the field of timely detection and prevention of man-made and natural threats, the technical basis for monitoring, which is the most important condition for increasing the reliability and efficiency of obtaining comprehensive information characterizing its safety state. Based on the processing and analyzing complex information results, the article characterizes the state of navigational hydraulic structures, provides suggestions and recommendations aimed at ensuring their safe operation for the purpose of prompt response, implementation of corrective actions in the inter-declaration period, as well as for planning for the future, an assessment is made the effect of repair and restoration work performed at hydraulic structures at different times.

**Keywords:** navigational hydraulic structures; safety; information support; database; organization and conduct of field observations; characteristics of the operational state

Данная статья доступна по лицензии Creative Commons “Attribution” («Атрибуция») 4.0 Всемирная

This article is available under the Creative Commons “Attribution” 4.0 Global License



## Введение

### Introduction

Стратегией развития внутреннего водного транспорта нашей страны, утвержденной распоряжением Правительства Российской Федерации от 29 февраля 2016 г., № 327-р, определен для реализации ряд важнейших проблем, одной из которых является состояние основополагающих компонентов транспортной инфраструктуры отрасли — водных путей и гидротехнических сооружений на них. В настоящее время на внутренних водных путях функционирует большое количество судоходных гидротехнических сооружений (СГТС), находящихся в ведении администраций бассейнов внутренних водных путей (АБВВП) Федерального агентства морского и речного транспорта (Росморречфлота), — шлюзов, плотин, водосбросов, гидроэлектростанций и насосных станций, напорных дамб и др. Более 300 из них отнесены к критически важным объектам, а по классификации угроз они являются техногенно-опасными объектами I и II уровня опасности.



1 — ГЭС с донными водосбросами; 2 — земляная плотина; 3 — судоходный шлюз; 4 — верхний подходной канал; 5 — нижний подходной канал

1 — hydro-power plant with bottom spillways; 2 — earthen dam; 3 — shipping lock; 4 — upper ship channel; 5 — lower ship channel

**Рисунок 1.** Схема Саратовского гидроузла на Волге (спутник) (рисунок автора)

**Figure 1.** Scheme of the Saratov hydroelectric complex on the Volga (satellite) (drawing by the author)

СГТС — ответственные уникальные объекты, рассчитанные на длительную эксплуатацию [1; 2] и являющиеся государственной собственностью. Они работают под напором воды, достигающим в некоторых случаях 20–30 и даже более метров, зачастую (например, судоходные шлюзы — рисунки 1 и 2) входят в напорный фронт комплексных гидроузлов. Аварии на СГТС могут привести не только к длительному прекращению судоходства, но и к катастрофическим последствиям на прилегающих территориях в результате прорыва напорного фронта.



*Рисунок 2. Балаковский двухниточный судоходный шлюз в составе Саратовского гидроузла (заимствовано из фотогалереи Волжской АБВВП)*

*Figure 2. Balakovo twin lock in the composition Saratov hydroelectric complex (taken from the photo gallery of the Volga inland waterway basin administrations)*

Проблема безопасной эксплуатации гидротехнических сооружений в конце 90-х годов приобрела общегосударственное значение. Был введен в действие Федеральный закон «О безопасности гидротехнических сооружений» (Закон)<sup>1</sup>, которым установлен ряд системных требований и конкретных мер, направленных на обеспечение их безопасности. Важнейшим мероприятием, необходимым для выполнения собственником СГТС и эксплуатирующими организациями требований Закона, а также положений Концепции<sup>2</sup>, является ведение отраслевого мониторинга

<sup>1</sup> Федеральный закон от 21 июля 1997 г. 117-ФЗ «О безопасности гидротехнических сооружений». Собрание законодательства РФ. 1997, № 30, ст. 3589.

<sup>2</sup> Концепция федеральной системы мониторинга критически важных объектов и (или) потенциально опасных объектов инфраструктуры Российской Федерации и опасных грузов. Одобрена распоряжением Правительства Российской Федерации от 27.08.2005 г. № 1314.

безопасности СГТС<sup>3</sup>. Этим достигается формирование в масштабе отрасли комплекса достоверных сведений по различным вопросам безопасности СГТС, обеспечивается своевременное выявление (прогнозирование) и предупреждение кризисных ситуаций. Отсюда также следует, что для принятия эффективных управленческих решений в сфере обеспечения безопасности СГТС требуется разностороннее информационное сопровождение, реализуемое, в том числе посредством ведения по ним базы данных (БД).

## Состояние вопроса

### State of the issue

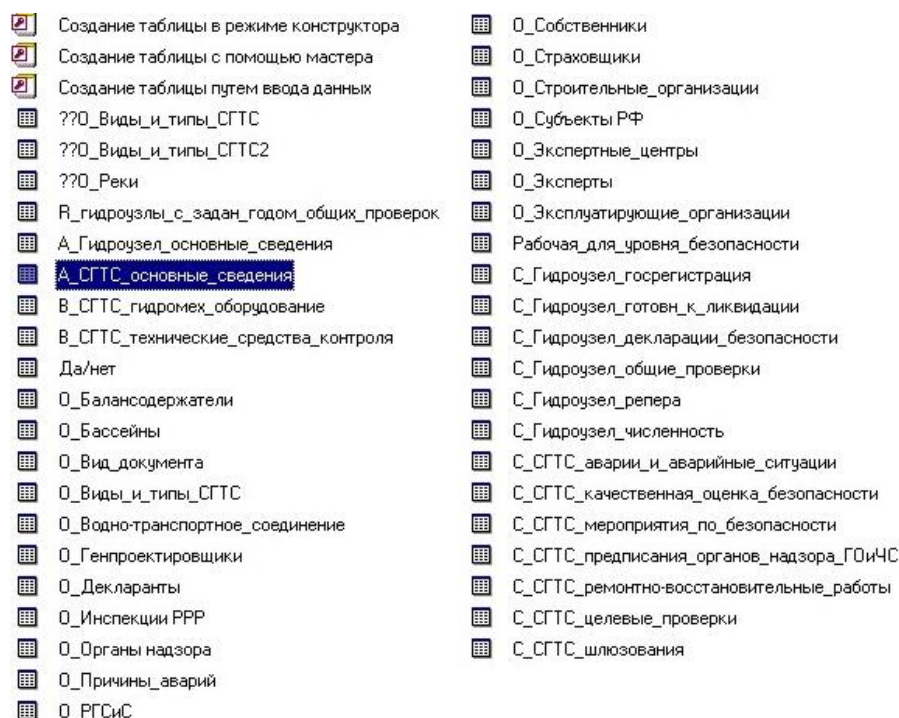
Отраслевая автоматизированная БД СГТС была создана в системе Росморречфлота более 15 лет назад. Ниже приведем ее краткое описание. В нее включены сведения о напорных гидросооружениях (всего 352 объекта), повреждения которых могут привести к возникновению чрезвычайной ситуации и подлежащих в соответствии с Законом декларированию безопасности. Информация, имеющаяся в БД, носит комплексный характер. Первичным является стандартный набор сведений о гидроузлах и сооружениях, представляемых эксплуатирующими организациями для государственной регистрации СГТС в виде двух информационных таблиц, форма которых установлена «Инструкцией о ведении Российского регистра гидротехнических сооружений»<sup>4</sup>. Кроме того, в БД содержится большой объем материалов, существенно расширяющих и дополняющих эти сведения. Они включают: информацию об основных технических характеристиках сооружений, их гидромеханическом и электрическом оборудовании, оснащенности контрольно-измерительной аппаратурой, видах проводимых наблюдений, декларациях безопасности, уровнях технического состояния и безопасности, а также определяющих эти уровни параметрах, о выполнении мероприятий по обеспечению безопасности СГТС, их аварийности, укомплектованности аварийного неснижаемого запаса, эксплуатационном персонале, о страховании гражданской ответственности и др.

---

<sup>3</sup> Рекомендации по ведению отраслевого мониторинга безопасности судоходных гидротехнических сооружений. Отраслевая система мониторинга безопасности судоходных гидротехнических сооружений (сборник документов) / Разработаны Ю.М. Колесниковым, А.И. Глазовым. Федеральное агентство морского и речного транспорта. 2007. М., МАИ, 2007.

<sup>4</sup> Инструкция о ведении Российского регистра гидротехнических сооружений. Утверждено МПР России, Минтопэнерго России, Минтранс России и Госгортехнадзором России № 144, К-3357, К-14/367-ис, 01/229а и зарегистрированной Минюстом России 5 августа 1999 г. регистрационный № 1858.

Автоматизированная БД СГТС<sup>5</sup> (MS Access) реляционного типа представляет собой функционирующий на основе компьютерных технологий информационно-аналитический комплекс, позволяющий накапливать и хранить необходимую информацию, производить ее корректировку, обработку, выборку и анализ, в том числе — ретроспективный, осуществлять вывод запрашиваемых сведений по формам, удобным для пользователя. При разработке структуры БД одной из главных задач являлось обеспечение компактности и надежности хранения информации. Для реализации поставленных целей физически ее хранение организовано в виде компьютерных файлов с данными в виде таблиц. БД содержит 41 таблицу (рис. 3), которые связаны друг с другом посредством индексных полей. Для ускорения поиска информации служат индексные файлы (структурированные наборы ключевой информации), которые обновляются автоматически с помощью встроенных средств СУБД.



|                                          |                                          |
|------------------------------------------|------------------------------------------|
| Создание таблицы в режиме конструктора   | О_Собственники                           |
| Создание таблицы с помощью мастера       | О_Страховщики                            |
| Создание таблицы путем ввода данных      | О_Строительные_организации               |
| ??О_Виды_и_типы_СГТС                     | О_Субъекты_РФ                            |
| ??О_Виды_и_типы_СГТС2                    | О_Экспертные_центры                      |
| ??О_Реки                                 | О_Эксперты                               |
| В_Гидроузлы_с_задан_годом_общих_проверок | О_Эксплуатирующие_организации            |
| А_Гидроузел_основные_сведения            | Рабочая_для_уровня_безопасности          |
| <b>А_СГТС_основные_сведения</b>          | С_Гидроузел_госрегистрация               |
| В_СГТС_гидромех_оборудование             | С_Гидроузел_готововн_к_ликвидации        |
| В_СГТС_технические_средства_контроля     | С_Гидроузел_декларации_безопасности      |
| Да/нет                                   | С_Гидроузел_общие_проверки               |
| О_Балансодержатели                       | С_Гидроузел_репера                       |
| О_Бассейны                               | С_Гидроузел_численность                  |
| О_Вид_документа                          | С_СГТС_аварии_и_аварийные_ситуации       |
| О_Виды_и_типы_СГТС                       | С_СГТС_качественная_оценка_безопасности  |
| О_Водно-транспортное_соединение          | С_СГТС_мероприятия_по_безопасности       |
| О_Генпроектировщики                      | С_СГТС_предписания_органов_надзора_ГОиЧС |
| О_Декларанты                             | С_СГТС_ремонтно-восстановительные_работы |
| О_Инспекции_RPP                          | С_СГТС_целевые_проверки                  |
| О_Органы_надзора                         | С_СГТС_шлюзования                        |
| О_Причины_аварий                         |                                          |
| О_РГСис                                  |                                          |

*Рисунок 3. Перечень таблиц базы данных (рисунок автора)*

*Figure 3. List of database tables (drawn by the author)*

Основу базы данных составляют две центральные таблицы, вокруг которых организовано хранение всей остальной информации: «Гидроузел — основные сведения» и «СГТС — основные сведения». Вся информация разделена на «базисную» и «динамическую» (рис. 4). Первая объединяет сведения, которые изменяются редко (например, наименование водного

<sup>5</sup> Автор глубоко признателен В.В. Глотовой и А.И. Глазову за сотрудничество в создании программного обеспечения, разработке структуры и обслуживании БД СГТС.

бассейна, организация — проектировщик и т. п.). Они вносятся, как правило, один раз при вводе в базу нового объекта. Ко второй относится информация, которая предполагает достаточно частое (или регулярное) её изменение и, как правило, требует накопления для последующего анализа. Например, это данные о техническом состоянии СГТС, включая гидромеханическое и электрическое оборудование, уровне их безопасности, аварийности и др.

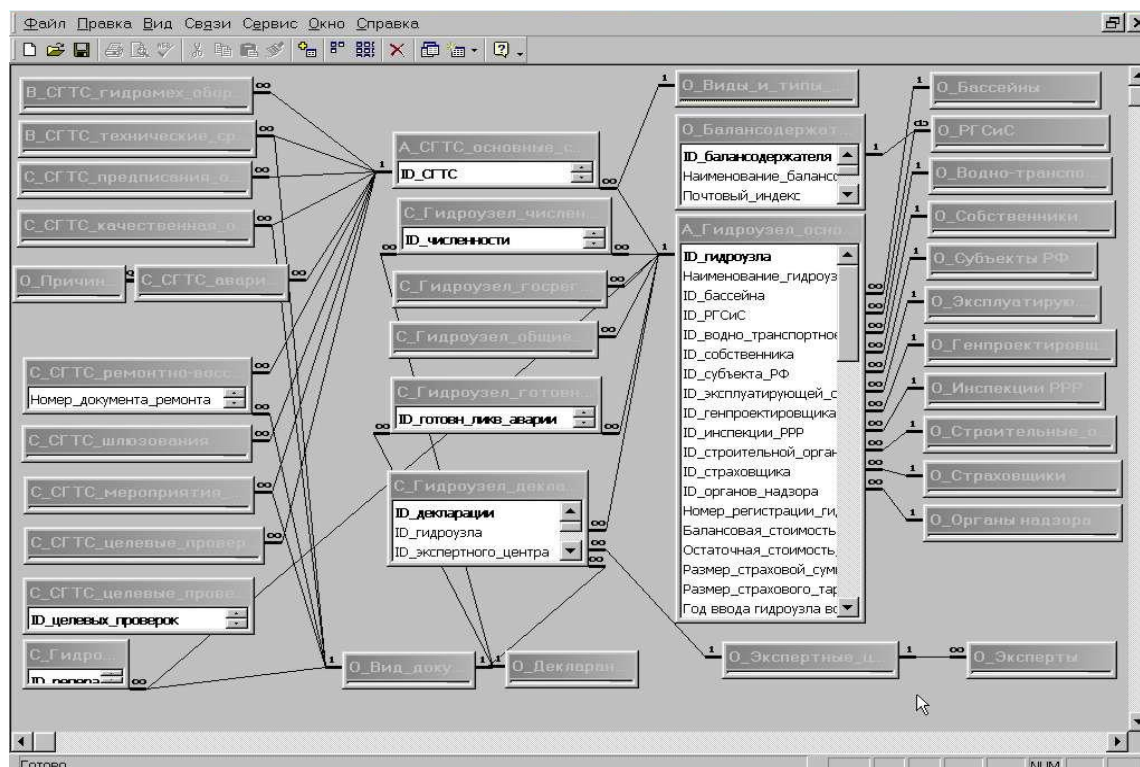


Рисунок 4. Структура базы данных (рисунок автора)

Figure 4. Database structure (author's drawing)

Ввод информации в БД осуществляется с помощью специально разработанных экранных форм — программных средств, позволяющих пользователю вести работу с информацией в удобной для него форме. В программном приложении содержится 68 экранных форм (включая подчинённые), позволяющих выполнять все необходимые операции по формированию и ведению БД. Входные формы структурированы по тематикам и разнесены по закладкам на главной экранной форме, запускаемой в момент загрузки программы. Каждая закладка имеет свое имя, отображаемое в верхней части экрана. Вследствие большого объема текстовой и графической информации, кнопочное меню и закладки применяются и на формах, обеспечивающих ввод, редактирование и просмотр данных, что вызвано необходимостью решения проблемы физического недостатка места на экране монитора для отражения всей информации по конкретному разделу. Отчетные формы позволяют выводить сгруппированную в соответствии с запросом пользователя

информацию на печать или в другое программное приложение (MS Word, Excel и др.), а программное обеспечение — вводить новые отчетные формы или редактировать существующие. В процессе эксплуатации программными средствами обеспечивается защита БД и организовано дублирование хранимой информации.

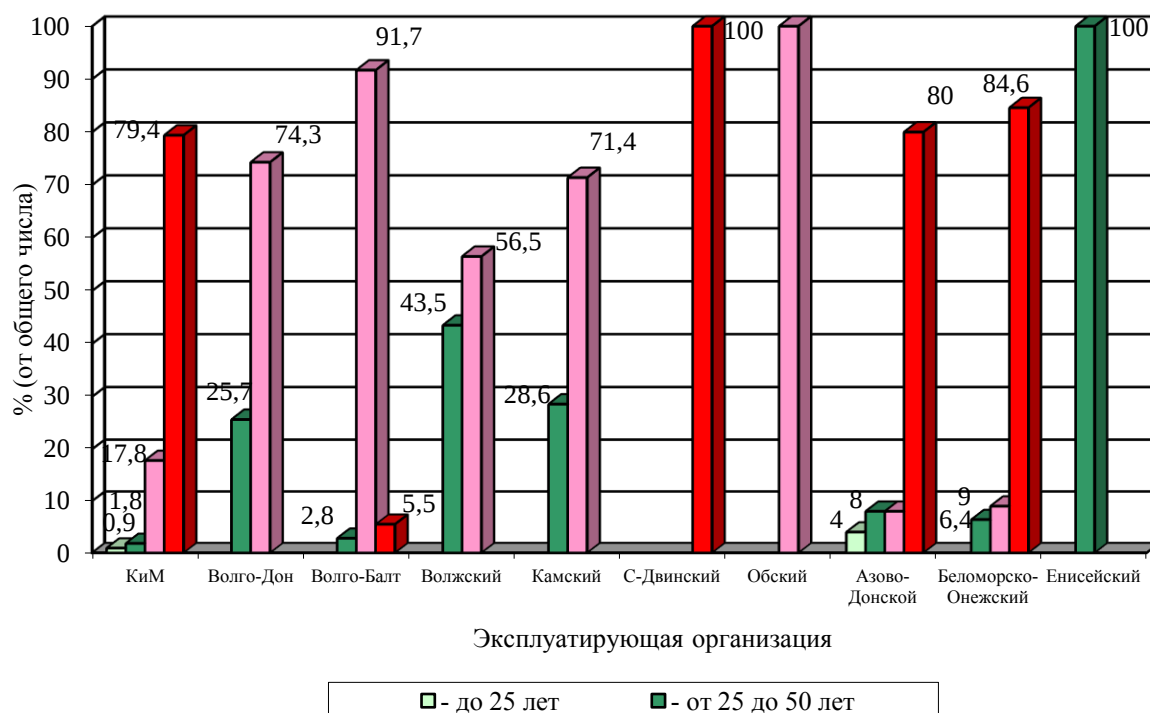
Для формирования и обновления отраслевой БД определен перечень комплексных сведений со сроками их представления эксплуатирующими организациями (АБВВП)<sup>3</sup>, поступающих по компьютерной сети для анализа, обобщения и систематизации в целях информационной поддержки принятия обоснованных управленческих решений в сфере обеспечения безопасности СГТС.

## Результаты анализа

### Analysis results

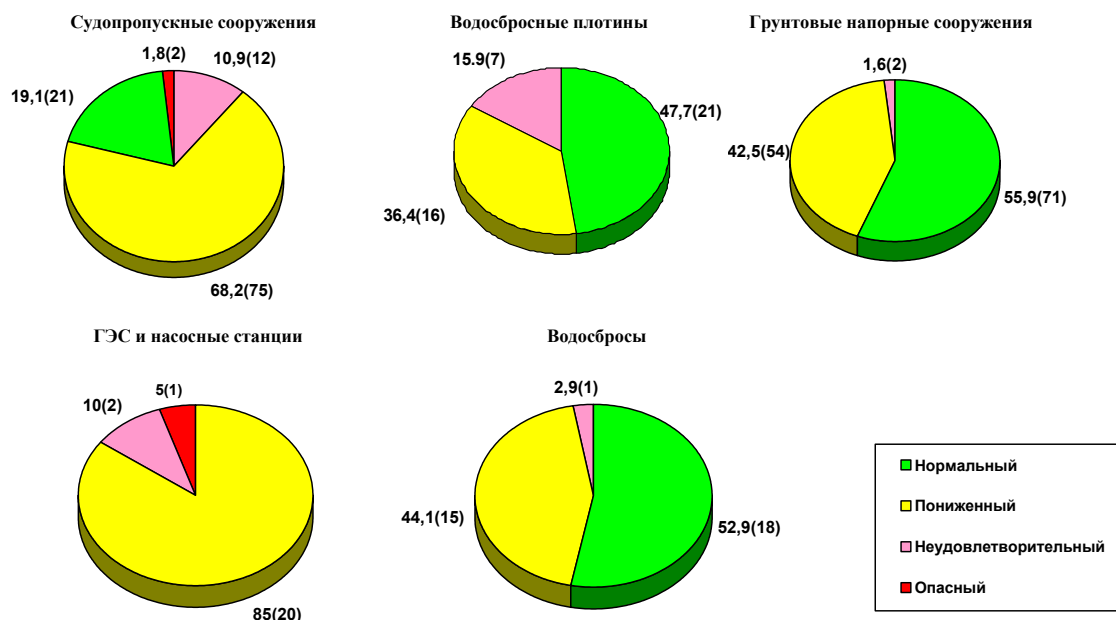
Остановимся на ряде положений, касающихся различных сторон функционирования ответственных гидротехнических объектов, установленных на основе многолетней эксплуатации автоматизированной БД. Прежде приведем некоторые фактические сведения, характеризующие современное состояние СГТС. Так, они имеют самые различные сроки эксплуатации: 0,5 % от общего числа сооружений (2) — до 25 лет: 11,4 % (42) — от 25 до 50 лет; 36,4 % (134) — от 51 до 75 лет; 51,6 % (190) — более 75 лет. При этом отметим, что около 60 сооружений в разные годы были реконструированы. На рисунке 5 показаны данные о сроках эксплуатации СГТС (без учета их реконструкции) по конкретным эксплуатирующим организациям. В процессе длительной эксплуатации, как известно, ухудшается состояние СГТС, что приводит к снижению их надежности и безопасности. Возможными причинами здесь могут быть: изменение свойств материалов сооружения и его элементов (частей), грунтов основания и обратных засыпок; увеличение уровня возможных природных воздействий (в том числе из-за неточного определения на стадии проектирования); нарушения правил эксплуатации, человеческий фактор и т. д. Для иллюстрации приведем обобщенные данные по уровню безопасности СГТС различных видов (по состоянию на 2016 г.) — рисунок 6 и динамике уровня безопасности за период 2005–2015 гг.<sup>6</sup> — рисунок 7.

<sup>6</sup> По официальным данным, размещенным на сайте Росморречфлота, текущий уровень безопасности СГТС (2021 г., в % от общего числа) следующий: нормальный — у 45,5 % (на начало 2016 г. — 38,7 % — рисунок 7), пониженный — 46,1 % (53,6 %), неудовлетворительный — 7,8 % (6,9 %) и опасный — 0,6 % (0,3 %).



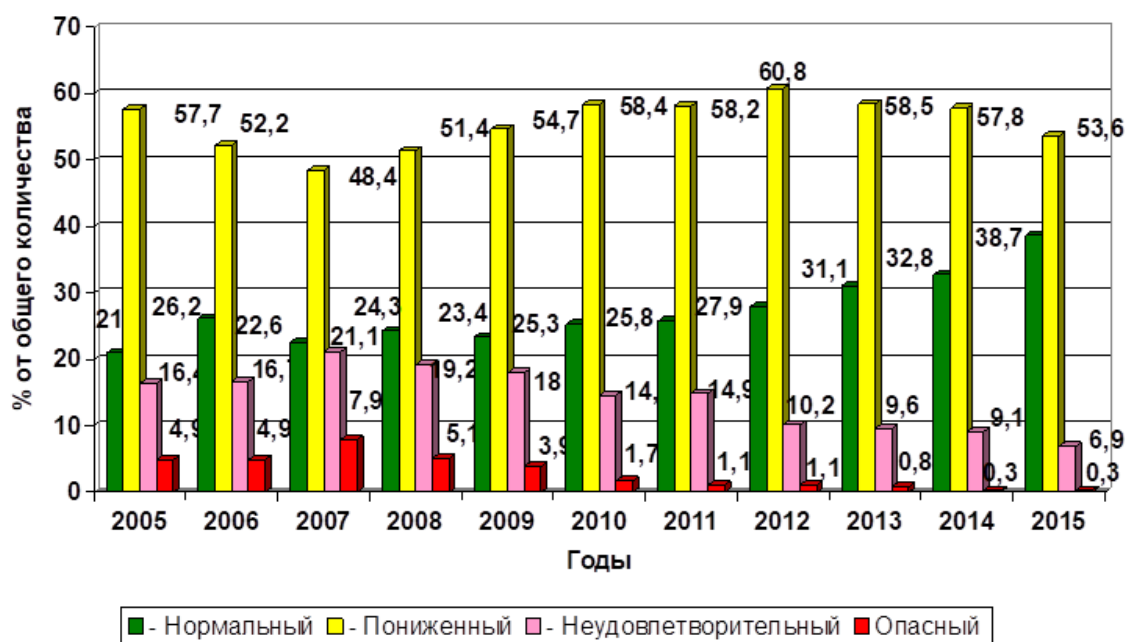
**Рисунок 5.** Сроки эксплуатации судоходных гидротехнических сооружений (рисунок автора)

**Figure 5.** Service life of navigational hydraulic structures (drawing by the author)



**Рисунок 6.** Уровень безопасности по видам СГТС — в % от общего числа, в скобках — число сооружений (рисунок автора)

**Figure 6.** Level of safety by types of navigational hydraulic structures — in % of the total number, in brackets — the number of facilities (author's drawing)



*Рисунок 7. Динамика уровня безопасности СГТС (рисунок автора)*

*Figure 7. Dynamics of the navigational hydraulic structures safety level (drawing by the author)*

Важнейшим элементом системных действий, направленных на обеспечение безопасности СГТС, реализуемых силами эксплуатирующей организации, является контроль их технического состояния посредством проведения регулярных натурных наблюдений (по всем составным частям — гидротехнической, механической и электрической). Поэтому большая роль здесь должна отводиться повышению уровня организации и проведения натурных наблюдений на СГТС<sup>1,2</sup>. Последние, выполняемые с учетом современных требований, позволяют снизить риск аварии и повреждений гидротехнических объектов, оптимизировать режим их эксплуатации, своевременно и эффективно производить противоаварийные и ремонтные работы, способствуя тем самым снижению эксплуатационных затрат и продлению срока службы [2–4]. Рассмотрим с учетом изложенных выше позиций современное положение в области контроля показателей состояния СГТС. При этом критически рассматривались: видовой состав проводимых наблюдений, достоверность их результатов, частота и согласованность измерений различных видов, сопоставимость получаемых результатов с критериями безопасности, используемые методики обработки данных, вопросы планирования и выполнения мероприятий по контролю технического состояния сооружений и др.

Регулярные наблюдения за техническим состоянием гидротехнической части СГТС (инструментальные и визуальные) осуществляются в соответствии с отраслевыми нормативно-техническими

документами<sup>7,8</sup>. Как правило, в эксплуатирующих организациях имеет место трехуровневая система мониторинга безопасности СГТС: «гидроузел — район гидросооружений — служба гидротехнических сооружений АБВВП» [2].

Важными требованиями к полученным на местах в процессе мониторинга СГТС натурным данным являются их представительность и достоверность. От степени реализации последних непосредственно зависит как объективность оценки текущего технического состояния сооружений и их элементов, так и возможность своевременного выявления повреждений и негативных изменений, способных стать причиной аварийной ситуации. Поэтому одной из задач местных систем мониторинга СГТС является проведение регулярных оценок достаточности видов проводимых на них наблюдений, а также применяемой контрольно-измерительной аппаратуры (КИА).

Оценивая в целом положение со средствами инструментальных наблюдений в эксплуатирующих организациях (без их детализации по назначению), можно отметить, что практически все они в соответствии с требованиями правил<sup>5</sup> производят оценки достаточности имеющейся КИА. Как было выявлено, в большинстве эксплуатирующих организаций количество действующей на объектах КИА составляет 70÷95 % от требуемого (по современным оценкам достаточности необходимое количество КИА часто превышает проектные значения), что свидетельствует о необходимости их дооснащения.

Контроль планово-высотного положения элементов бетонных и грунтовых гидросооружений (вертикальных и горизонтальных перемещений) является одной из основных составляющих мониторинга технического состояния<sup>7</sup> [1; 5]. Достоверность результатов наблюдений за осадками СГТС напрямую зависит от работоспособности (устойчивости) реперов опорной сети. В работоспособном состоянии находятся около 80 % опорных и рабочих реперов от общего количества установленных. При этом на ряде гидроузлов используются одиночные реперы (опорный или рабочий), то есть контрольные марки каждого из сооружений нивелируются от единственного исходного репера. Проверка устойчивости такого репера возможна лишь в форме привязки к государственной сети, которая должна выполняться не реже одного раза в три года<sup>6</sup>. На отдельных гидроузлах регламентированная периодичность не соблюдается, причем в течение достаточно длительного периода

---

<sup>7</sup> Правила технической эксплуатации судоходных гидротехнических сооружений / Главное управление водных путей и гидротехнических сооружений Минречфлота РСФСР. М., Транспорт, 1979.

<sup>8</sup> Инструкция по наблюдениям и исследованиям на судоходных гидротехнических сооружениях. Часть I. Гидротехническая / Главное управление водных путей и гидротехнических сооружений Минречфлота РСФСР. М., Транспорт, 1981.

времени. Согласно современным нормам, устойчивость рабочих реперов следует также контролировать для каждого цикла наблюдений, что, как правило, не делается. В таких условиях судить о надежности данных по вертикальным перемещениям СГТС весьма сложно, поскольку фактическое высотное положение реперов, как показывает практика, может значительно отличаться от принятого в качестве исходного при нивелировании. Кроме того, имеются объекты, на которых работоспособные реперы вообще отсутствуют. По этой причине нивелировки здесь могут производиться лишь в рамках марочного поля, что позволяет определить только относительные превышения элементов сооружений, а реальная картина абсолютных значений осадок остается недоступной для контроля и оценки. При этом отметим, что в настоящее время в эксплуатирующих организациях целенаправленно проводятся работы по модернизации опорных сетей на СГТС, что позволит исключить упомянутые выше погрешности в определении осадок. В АБВВП стало уделяться большее внимание контролю работоспособности реперов путем проведения их регулярных нивелировок. Так, в течение последних 3–4 лет была осуществлена проверка около 70 % от общего количества реперов, находящихся в рабочем состоянии.

Применяемые на практике методы определения абсолютных горизонтальных перемещений верха стен судоходных шлюзов<sup>6</sup> или не обеспечивают получение требуемой информации, или не дают полной уверенности в достоверности получаемых результатов. В первом случае примером являются измерения пролета между стенами, характеризующие лишь их совместные перемещения без возможности разделения результата на составляющие для каждой стены. Ко второму случаю можно отнести как створные наблюдения, так и определение горизонтальных перемещений методом односторонних измерений. Так, анализ данных створных наблюдений на шлюзах Саратовского гидроузла (в сравнении с результатами измерений по обратным отвесам) и односторонних измерений на шлюзе № 3 Канала имени Москвы (в сравнении с данными наблюдений по щелемерам) показывает, что оба метода могут давать результаты, отличные от действительности. Основной и наиболее вероятной причиной здесь является плановая неустойчивость опорных знаков, как расположенных на устоях голов камер, так и выполненных в виде свай в засыпке шлюзов. В первом случае она обусловлена сезонными перемещениями верха устоев, во втором — рядом причин, включая перемещения верха свай при воздействии силы натяжения мерной проволоки.

Очевидно, что величина горизонтальных перемещений верха устоев в каждом конкретном случае будет обусловлена конструкцией, техническим состоянием и условиями работы голов, включая возможные

перекосы из-за неравномерности осадок, другими словами, их «вклад» в интегральную погрешность результатов створных наблюдений будет разным. Данные измерений, проводимых на судоходных шлюзах АБВВП, свидетельствуют о наличии значимых горизонтальных перемещений верха устоев голов. Например, на Рыбинском шлюзе наибольшие размахи колебаний перемещений марок, расположенных на устоях, составляют 21 мм (левый устой, камера 11) и 24 мм (правый устой, камера 12). На Волго-Донском судоходном канале размах сезонных колебаний расстояния между устоями верхней головы шлюза № 1 достигает 26 мм (рис. 3), шлюза № 6—17 мм. Подобная картина характерна и для других шлюзов канала.

Оценивая текущую ситуацию в части контроля фильтрационного режима СГТС, можно констатировать, что на большинстве сооружений он не может быть осуществлён в необходимом объёме. Так, в ряде АБВВП количество работоспособных пьезометров составляет от 60 до 85 % от требуемого. При этом есть гидроузлы, введенные в эксплуатацию несколько десятилетий назад, на которых пьезометрическая сеть отсутствует (не предусмотрена проектом), но согласно оценкам достаточности КИА и с учетом требований Закона, предъявляемых к обеспечению безопасности гидротехнических сооружений, она необходима для обеспечения полноценного контроля их состояния. Иными словами, существующие на отдельных объектах пьезометрические сети требуют восстановления и модернизации, а на некоторых гидроузлах — их создания. Упомянутые задачи сегодня решаются в рамках проводимой планомерной реконструкции СГТС.

Несколько слов о реализации важного положения, закреплённого в отраслевых методических рекомендациях по контролю технического состояния и оценке безопасности СГТС<sup>9</sup>. Предлагаемая здесь методика контроля технического состояния эксплуатируемых СГТС основана на использовании процедуры сопоставления текущих значений диагностических показателей их состояния, полученных по результатам натурных наблюдений, с критериальными значениями (или критериями безопасности). Это позволяет в оперативном порядке определить состояние сооружения, выявить отклонения в его работе от проектных требований. На стадии эксплуатации СГТС критерии их безопасности должны назначаться с учетом реального состояния сооружений на основе прогнозных математических моделей — детерминистических или статистических [6]. Последние получают методами регрессионного анализа результатов наблюдений, что делает их более доступными по

---

<sup>9</sup> Методические рекомендации по контролю технического состояния и оценке безопасности судоходных гидротехнических сооружений. Росморречфлот. М., 2011.

сравнению с детерминистическими моделями. Такие зависимости ретроспективно отражают все наблюдавшиеся случаи эксплуатации и с высокой достоверностью дают возможность прогнозировать поведение сооружения, то есть, предсказывать, какие величины показателей его работы должны быть зафиксированы измерениями при данном сочетании нагрузок и воздействий [6]. Тем не менее, применительно к СГТС такой подход практически не используется, что не может не отражаться на качестве назначаемых критериев безопасности.

На эксплуатируемых СГТС должно осуществляться планомерное развитие систем контроля за их состоянием, природных и техногенных воздействий, внедрение компьютерных программных средств для автоматизированного ввода данных, первичной обработки данных измерений, ведения базы данных, диагностирования работы гидросооружений и др. [4–7]. Современное положение в области контроля показателей состояния СГТС достаточно подробно рассмотрено в [2]. В частности, отсюда следует, что анализ результатов натурных наблюдений на различных гидроузлах производится по-разному в зависимости от квалификации специалистов, зачастую не всегда полноценно [1; 2]. Имеются лишь отдельные примеры использования информационно-диагностические системы (ИДС) [7; 8], компьютерных программ для решения некоторых локальных прикладных задач, информационных банков данных и др. В частности, рядом эксплуатирующих организаций (Волжская и Волго-Донская АБВВП, ФГБУ «Канал имени Москвы») применяется единое программное обеспечение «БИНГ-2» для обработки и хранения информации о состоянии СГТС и его диагностики [7–9]. Однако такие ИДС отсутствуют в Беломорско-Балтийской, Волго-Балтийской, Енисейской, Камской, Кубанской и Северо-Двинской АБВВП, а используемое в Азово-Донской АБВВП программное обеспечение не позволяет в полном объеме реализовать задачи в рамках мониторинга технического состояния. Кроме того, данные отраслевого мониторинга безопасности, имеющиеся в БД, свидетельствуют также и о том, что на СГТС практически не применяются автоматизированные системы контроля их состояния и условий эксплуатации [2; 10].

Из анализа сведений по декларациям безопасности СГТС следует, что при обосновании их эксплуатационного состояния используется так называемая «верхняя граница расчетной вероятности возникновения аварии», устанавливаемая по методическим рекомендациям<sup>9</sup>. С этой целью здесь приводятся графики «для экспертной оценки» верхней границы расчетной вероятности возникновения аварии СГТС от показателя его безопасности. В части использования данного подхода для оценки риска эксплуатируемых объектов выскажем некоторые замечания.

На практике для оценки возможного риска аварии в случае сложных технических систем применяются вероятностные методы [11–13]. Для эксплуатируемых гидротехнических сооружений вследствие явного недостатка репрезентативных статистических данных об отказах их элементов и аварий на объектах-аналогах, уникальности гидросооружений, отсутствия исчерпывающих данных о них, условиях размещения и эксплуатации и др. использовать для оценки риска (вероятности) аварий статистический подход весьма затруднительно. Однако в отдельных работах [13] делается попытка оценки риска аварий гидротехнических сооружений в вероятностной форме косвенным путем, а именно — через детерминированный показатель — уровень безопасности. В связи с этим отметим следующее. Как в отрасли внутреннего водного транспорта, так и в энергетической, оценка безопасности при ведении мониторинга ответственных гидросооружений, разработке деклараций безопасности осуществляется с помощью детерминированного показателя — уровня безопасности<sup>9,10</sup>. Применение этого показателя в случае оценки риска аварии или текущего состояния эксплуатируемых сооружений является следствием отсутствия необходимых исходных данных для проведения расчетов прочности, устойчивости или вероятностных расчетов риска возможной аварии, а также сложности учета качественных факторов, оказывающих значительное влияние на безопасность сооружения. Эта аргументация приведена в стандарте предприятия<sup>10</sup>. Тем не менее, в [13] один из разработчиков упомянутого стандарта предлагает использовать интегральный показатель, то есть уровень безопасности, для вероятностной (количественной) оценки риска аварии. Отсюда можно констатировать факт непоследовательности в вопросе научно-методологической основы оценки риска возможной аварии гидротехнического сооружения в период эксплуатации. Иными словами, сначала в силу ряда веских причин утверждается о невозможности определения риска аварии сооружения в вероятностной форме, и потому следует использовать для оценки риска аварии детерминированный показатель (уровень безопасности), а затем предлагается на базе статистического анализа результатов обследований [13; 14] давать по этому показателю, определяемому, как известно, экспертным путем, количественную оценку риска возможной аварии. Возникает вопрос — зачем? Оказывается, что основными причинами, вызвавшими необходимость применения такой косвенной количественной оценки вероятности аварии сооружения, являются необходимость обоснования страховых тарифов и реализации процедуры страхования гражданской

---

<sup>10</sup> Методика оценки уровня безопасности гидротехнических сооружений. Стандарт предприятия. / Под ред. И.Н. Иващенко. М.: ОАО «НИИЭС», 2004.

ответственности [13] или требование органов ГО и ЧС, а также использование при определении величины ущерба в результате гидродинамической аварии<sup>9</sup>.

Подытоживая, отметим, что было бы логичным и целесообразным для эксплуатируемых гидросооружений ориентироваться не на количественную оценку риска возможной аварии в вероятностной форме, а на устанавливаемый в декларациях уровень безопасности конкретного объекта, что и должно найти отражение в соответствующих нормативных документах.

Данные АБВВП, характеризующие положение с осуществлением обязательного страхования гражданской ответственности, и сравнительного анализа отдельных положений законодательств РФ о безопасности гидротехнических сооружений и об обязательном страховании гражданской ответственности владельца опасного объекта<sup>11</sup>, а также приведенные в [15] примеры реализации процедуры обязательного страхования применительно к СГТС, указывают на наличие несоответствий и на необходимость их урегулирования. В противном случае они могут создавать сложности при заключении договора с потенциальным страховщиком. СГТС являются объектами государственной собственности и, в связи с этим выполнение функций страхователя гражданской ответственности эксплуатирующими организациями возможно только на основе привлечения бюджетных средств. Они являются стационарными объектами с длительными сроками эксплуатации (рис. 5). Например, в Азово-Донском, Беломорско-Онежском и Северо-Двинском бассейнах внутренних водных путей, ФГБУ «Канал имени Москвы» срок эксплуатации отдельных гидросооружений достигает 80 и более лет, а их количество составляет от 30 до 80 % от общего числа эксплуатируемых. Для определения страхового покрытия необходимо использовать накопленный многолетний опыт применения отраслевых методик оценки размера вероятного вреда в целом и определения отдельных составляющих этого вреда в результате аварии гидротехнического сооружения [15]. Кроме того, в интересах эксплуатирующих организаций целесообразно организовать разработку системы назначения понижающих коэффициентов к базовой ставке тарифов, учитывающих фактическое состояние и риск вероятной аварии страхуемого объекта.

Актуальность проблем, связанных с необходимостью проведения комплекса реконструкционных и ремонтно-восстановительных работ на

---

<sup>11</sup> Федеральный закон от 27 июля 2010 г. № 225-ФЗ «Об обязательном страховании гражданской ответственности владельца опасного объекта за причинение вреда в результате аварии на опасном объекте».

СГТС, обусловлена наличием достаточно большого количества объектов, не соответствующих современным функциональным и техническим требованиям. При этом заметим, что реконструкция гидросооружений, как правило, имеет своей целью повышение эксплуатационных характеристик конкретного объекта, модернизацию технологических процессов, установку нового, более современного оборудования и т. п.

На основании анализа комплексных данных отраслевого мониторинга, хранящихся в автоматизированной БД СГТС, в многолетнем разрезе ниже дается анализ планируемых и реализованных на СГТС мероприятий, направленных на улучшение их эксплуатационных показателей, включая безопасность. Для этих целей также привлекались материалы, полученные в процессе декларирования безопасности гидросооружений. Очевидно, что чем больше критериев сравнения, тем объективнее и точнее будут итоговые результаты. Тем не менее, с учетом структуры имеющейся в наличии информации, когда стоимостные показатели не рассматривались, эффективность проводимых на СГТС ремонтно-восстановительных работ оценивалась лишь по фактическим сведениям из БД, отражающим вид (категорию) их технического состояния и уровень безопасности, которые являются наиболее значимыми свойствами эксплуатируемых объектов. Укажем здесь и на другие причины, которые могут накладываться и затруднять выполнение анализа эффективности предпринимаемых на проблемных объектах мер. Среди них, в частности, назовем следующие: недостаток времени и средств для устранения выявленных дефектов и деструктивных процессов (зачастую работы планируются на межнавигационный период), темпы и объемы проводимых на гидросооружениях работ по ремонту и восстановлению конструкций и их элементов, а также замене отслужившего нормативный срок механического оборудования и др. Таким образом, упомянутый анализ отчасти будет иметь условный характер, что обусловлено невозможностью учета всей совокупности определяющих факторов.

С технической точки зрения эффект улучшения эксплуатационного состояния СГТС в результате осуществленных на него воздействий будем считать:

«значительным» — наблюдаемые на конкретном сооружении проблемные моменты по техническому состоянию и безопасности устранены;

«средним» — техническое состояние и безопасность немного улучшены;

«низким» — имеет место лишь косвенное воздействие на свойства эксплуатируемых сооружений.

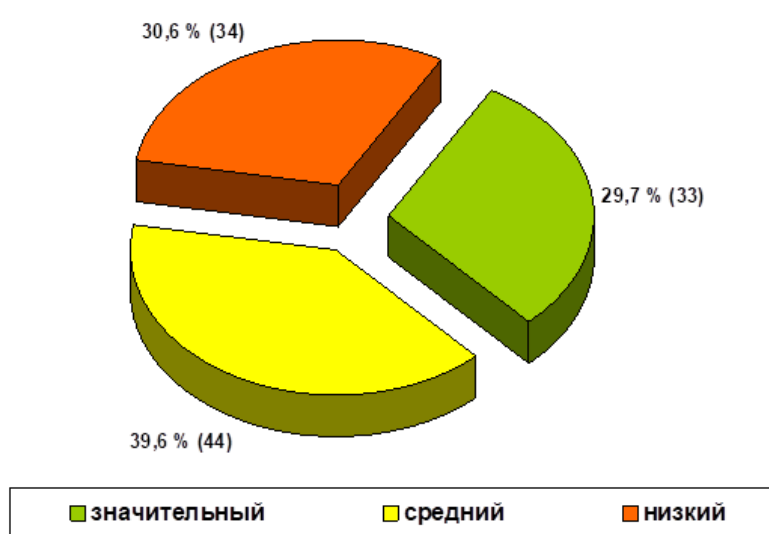
С целью оценки эффективности проводимых на СГТС ремонтно-восстановительных работ на основе сведений отраслевой БД были сформированы две таблицы. В первой представлена выборка объектов, гидротехническая часть которых с учетом фактора времени находится или находилась прежде в предаварийном и аварийном техническом состоянии. Так как эксплуатационные качества СГТС определяются также техническим состоянием их гидромеханического оборудования, то в нее была дополнительно включена выборка объектов с предаварийной и аварийной механической частью. В общей сложности выборка из предаварийных и аварийных объектов с гидротехнической и механической частью насчитывала 117 гидросооружений, находящихся в ведении Азово-Донской (15), Беломорско-Онежской (23), Волжской (1), Волго-Балтийской (5), Волго-Донской (22), Камской (3) и Северо-Двинской (11) администраций бассейнов ВВП, а также ФГБУ «Канал имени Москвы» (37).

Фокусирование внимания именно на объектах с предаварийным и аварийным техническим состоянием вполне объяснимо, поскольку эксплуатация таковых невозможна или сопряжена с наибольшей потенциальной опасностью возникновения критических ситуаций разного рода. Необходимо заметить, что реализация планируемых работ сказывается, в первую очередь, на техническом состоянии СГТС. Однако при этом в позитивную сторону должен меняться и такой интегральный показатель состояния эксплуатируемого объекта как уровень его безопасности. В связи с этим здесь также были зафиксированы текущие показатели уровня безопасности гидросооружений.

Во второй таблице обобщены сведения, позволяющие оценить ход реализации мероприятий, разработанных администрациями бассейнов ВВП и ФГБУ «Канал имени Москвы» для обеспечения эксплуатационной надежности и безопасности СГТС. Среди них: перечень факторов, послуживших основой для определения вида технического состояния конкретного гидротехнического объекта; мероприятия, направленные на устранение причин, вызвавших снижение технического состояния СГТС, а также сведения об их выполнении. Эффект повышения эксплуатационного состояния проблемных гидросооружений в результате выполненных ремонтно-восстановительных работ определялся на основе сравнительного анализа комплексных данных, заключенных в двух таблицах.

По результатам такого сравнительного анализа по 111 объектам с использованием принятой выше шкалы (градации) была произведена оценка эффекта выполненных на них в разное время ремонтно-восстановительных работ применительно как к общему числу рассматриваемых СГТС по всем эксплуатирующим организациям, так и

для каждой из них в отдельности. Так, например, из диаграммы (рис. 8) видно, что из общего числа предаварийных и аварийных объектов в результате реализации работ по 33 (29,7 %) гидросооружениям достигнут значительный эффект в части улучшения эксплуатационных показателей, 44 (39,6 %) — средний и 34 (30,6 %) — низкий. Если принять во внимание продолжительность рассматриваемого временного периода (с 2006 г. по 01.01.2016 г.), то указанные цифры свидетельствуют о недостаточной эффективности выполненных на СГТС ремонтно-восстановительных работ. В частности, это следует из того факта, что почти для трети сооружений предпринятые меры не привели к заметному улучшению их эксплуатационного состояния.



**Рисунок 8.** Эффект улучшения эксплуатационного состояния СГТС по результатам анализа выполненных ремонтно-восстановительных работ (в % от общего числа), в скобках — число сооружений (рисунок автора)

**Figure 8.** The effect of improving the operational state of the navigational hydraulic structures based on the completed repair and restoration works analysis results (in % of the total number), in brackets — the number of structures (drawing by the author)

## Заключение

### Conclusion

Для принятия эффективных управленческих решений в сфере обеспечения безопасности СГТС требуется разностороннее информационное сопровождение. С этой целью в системе Росморречфлота была создана отраслевая автоматизированная БД СГТС, предназначенная для предупреждения возникновения критических ситуаций на эксплуатируемых объектах под воздействием природных, техногенных и других факторов. Она включает комплексные сведения (оперативные, ретроспективные и прогнозные), позволяющие получить оценку

эксплуатационного состояния СГТС: данные о техническом состоянии и уровне безопасности СГТС, мерах по обеспечению их безопасного функционирования, проводимых на гидросооружениях наблюдениях, наличии компьютерных систем мониторинга, наличии и состоянии КИА и элементов опорной и наблюдательной геодезических сетей, аварийно-неснижаемом запасе, авариях и эксплуатационных происшествиях, о персонале, занятом эксплуатацией и ведением мониторинга, и др. При этом БД обеспечивает функции, связанные с формированием сводных отчетов и отчетных форм, а также с управлением их формирования.

По результатам обработки и анализа комплексных информационных сведений БД дается характеристика состояния безопасности СГТС, приведены предложения и рекомендации, направленные на обеспечение их безопасной эксплуатации в целях оперативного реагирования, осуществления корректирующих действий в междекларационных период, а также для планирования на перспективу, произведена оценка эффекта выполненных на гидросооружениях в разное время ремонтно-восстановительных работ применительно как к общему числу предаварийных и аварийных объектов по всем эксплуатирующим организациям, так и для каждой из них в отдельности.

## ЛИТЕРАТУРА

1. **Колесников, Ю.М.** Анализ системы мониторинга эксплуатационного состояния судоводных гидротехнических сооружений / Ю.М. Колесников, А.И. Глазов // Гидротехническое строительство. — 2018. — № 11. — С. 2–7. — URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36497648> (дата обращения: 13.10.2021).
2. **Колесников, Ю.М.** О концептуальных положениях осуществления контроля эксплуатационного состояния судоводных гидротехнических сооружений / Ю.М. Колесников. — DOI <https://doi.org/10.15862/07SATS121> // Интернет-журнал «Транспортные сооружения». — 2021. — Т 8. — № 1. — С. 07SATS121. — URL: <https://t-s.today/07SATS121.html> (дата обращения: 15.10.2021).
3. **Бритвин, С.О.** Основные положения концепции обеспечения безопасности гидротехнических сооружений / С.О. Бритвин, И.Н. Иващенко, И.В. Семенов, Л.Н. Рассказов // Гидротехническое строительство. — 2004. — № 10. — С. 2–5. — URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21941135> (дата обращения: 15.12.2021).
4. **Беллендир, Е.Н.** Вопросы совершенствования системы диагностирования состояния энергетических и гидротехнических сооружений / Е.Н. Беллендир, Ю. Семенов, В.Г. Штенгель // Энергобезопасность и энергосбережение. — 2011. — № 2. — С. 6–9. — URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=16462224> (дата обращения: 18.11.2021).
5. **Колосов, М.А.** Диагностирование состояния судоводных сооружений / М.А. Колосов, А.А. Мазепа, Д.В. Жигновская // Гидротехническое строительство. — 2019. — № 2. — С. 22–27. — URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37329484> (дата обращения: 11.11.2021).
6. **Глазов, А.И.** Применение прогнозных статистических моделей для оценки эксплуатационного состояния судоводных гидротехнических сооружений / А.И. Глазов, Ю.М. Колесников // Интернет-журнал «Науковедение». — 2017. — Т. 9. — № 4. — С. 57TVN417. — URL: <https://naukovedenie.ru/PDF/57TVN417.pdf> (дата обращения: 17.12.2021).

7. **Левачев, С.Н.** Развитие системы мониторинга безопасности на гидротехнических сооружениях канала имени Москвы / С.Н. Левачев, Т.С. Федорова // Вестник МГСУ. — 2015. — № 5. — С. 73–85. — URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23412081> (дата обращения: 21.10.2021).
8. **Лапин, С.В.** Опыт применения компьютерной системы «БИНГ-2» для контроля технического состояния сооружений (на примере шлюза № 5) / С.В. Лапин // Речной транспорт (XXI век). — 2007. — № 5. — С. 31–33. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=9609681> (дата обращения: 13.10.2021).
9. **Бердичевский, Г.Ю.** Информационно-диагностическая система — обязательный элемент контроля технического состояния гидротехнических сооружений / Г.Ю. Бердичевский, В.И. Щербина, М.С. Галямина, Л.Е. Поляк // Гидротехническое строительство. — 2009. — № 8. — С. 14–18. — URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=12830403> (дата обращения: 13.10.2021).
10. **Сальников, В.Г.** Применение современных автоматизированных геодезических приборов для мониторинга гидротехнических сооружений ГЭС / В.Г. Сальников, В.А. Скрипников, М.А. Скрипникова, Т.А. Хлебникова // Вестник Сибирского государственного университета геосистем и технологий (СГУГиТ). — 2018. — Т 23, № 3. — С. 108–124. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35645762> (дата обращения: 02.11.2021).
11. **Fell, R.** The Status of Methods for Estimation of The Probability of Failure of Dams for Use in Quantitative Risk Assessment / R. Fell, D.S. Bowles, L.R. Anderson, G. Bell // Proceedings of the 20th Congress on Large Dams. / Пекин: International Commission on Large Dams, 2001. — URL: [https://www.researchgate.net/publication/2324704\\_The\\_Status\\_Of\\_Methods\\_For\\_Estimation\\_Of\\_The\\_Probability\\_Of\\_Failure\\_Of\\_Dams\\_For\\_Use\\_In\\_Quantitative\\_Risk\\_Assessment](https://www.researchgate.net/publication/2324704_The_Status_Of_Methods_For_Estimation_Of_The_Probability_Of_Failure_Of_Dams_For_Use_In_Quantitative_Risk_Assessment) (дата обращения: 02.11.2021).
12. Monitoring of Dams and their Foundations. State of the Art. International Commission on Large Dams, Bulletin № 68 / Джакарта. Индонезия: International Commission on Large Dams, 1986.
13. **Иващенко, И. Н.** Вероятностная оценка риска аварий плотин по результатам их мониторинга и обследований / И.Н. Иващенко, Д.Б. Радкевич, К.И. Иващенко // Гидротехническое строительство. — 2012. — № 7. — С. 22–28. — URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17853125> (дата обращения: 10.01.2022).
14. **Василевский, А.Г.** Безопасность плотин. О ст.: Иващенко И.Н., Радкевич Д.Б., Иващенко К.И. Вероятностная оценка риска аварий плотин по результатам их мониторинга и обследований / А.Г. Василевский, В.С. Серков // Гидротехническое строительство. — 2013. — № 3. — С. 21–23. — URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=18869528> (дата обращения: 02.12.2021).
15. **Колесников, Ю.М.** К вопросу страхования гражданской ответственности при эксплуатации судоходных гидротехнических сооружений / Ю.М. Колесников. — DOI <https://doi.org/10.15862/13SATS119> // Интернет-журнал «Транспортные сооружения». — 2019. — Т 6, № 1. — С. 13SATS119. — URL: <https://t-s.today/13SATS119.html> (дата обращения: 10.01.2022).

#### Сведения об авторах:

**Колесников Юрий Михайлович** — кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», Москва, Россия, e-mail: [kolesoys@rambler.ru](mailto:kolesoys@rambler.ru)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6108-0727>

Статья получена: 01.02.2022. Принята к публикации: 10.03.2022. Опубликовано онлайн: 24.03.2022.

## REFERENCES

1. Kolesnikov Y.M., Glazov A.I. Analysis of the Monitoring System of the Operational Condition Navigable Hydraulic Structures. *Power Technology and Engineering*. 2019; 53(1): 2–7. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1007/s10749-019-01025-9>.
2. Kolesnikov Yu.M. On the conceptual provisions for monitoring the navigational hydraulic structures operational state. *Russian Journal of Transport Engineering*. 2021; 8(1): 07SATS121. (In Eng., abstract In Russ.) DOI: <https://doi.org/10.15862/07SATS121>.

3. Britvin S.O., Ivashchenko I.N., Semenov I.V., Rasskazov L.N. [The main provisions of the concept of ensuring the safety of hydraulic structures]. *Power Technology and Engineering*. 2004; (10): 2–5. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21941135> (accessed 15th December 2021). (In Russ.).
4. Bellendir E.N., Semenov Yu.D., Shtengel V.G. On Improving the System of Diagnosing the State of Energy and Waterworks. *Energy Safety and Energy Economy*. 2011; (2): 6–9. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=16462224> (accessed 18th November 2021). (In Russ., abstract in Eng.).
5. Kolosov M.A., Mazepa A.A., Zhignovskaya D.V. Diagnosis of the State of Navigation Structures. *Power Technology and Engineering*. 2019; 53(2): 172–176. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1007/s10749-019-01056-2>.
6. Glazov A.I., Kolesnikov Y.M. Application of predictive statistical models for estimation of operational condition of navigable hydraulic engineering structures. *Naukovedenie*. 2017; 9(4): 57TVN417. Available at: <https://naukovedenie.ru/PDF/57TVN417.pdf> (accessed 17th December 2021). (In Russ., abstract in Eng.).
7. Levachev S.N., Fedorova T.S. Development of The Safety Monitoring System of Hydraulic Structures of the Moscow Canal. *Vestnik MGSU*. 2015; (5): 73–85. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23412081> (accessed 13th October 2021). (In Russ., abstract in Eng.).
8. Lapin S.V. [Experience of using the computer system "BING-2" for monitoring the technical condition of structures (for example, lock No. 5)]. *International river transport magazine*. 2007; (5): 31–33. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=9609681> (accessed 13th October 2021). (In Russ.).
9. Berdichevskiy G.Yu., Shcherbina V.I., Galyamina M.S., Polyak L.E. [Information and diagnostic system is a mandatory element for monitoring the technical condition of hydraulic structures]. *Power Technology and Engineering*. 2009; (8): 14–18. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=12830403> (accessed 13th October 2021). (In Russ.).
10. Salnikov V.G. Skripnikov V.A., Skripnikova M.A., Hlebnikova T.A. Use of modern automated geodetic devices for monitoring hydrotechnical constructions of hydro power stations. *Vestnik of the Siberian State University of Geosystems and Technologies (SSUGT)*. 2018; 23(3): 108–124. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35645762> (accessed 2nd November 2021). (In Russ., abstract in Eng.).
11. Fell R., Bowles D.S., Anderson L.R., Bell G. The Status of Methods for Estimation of The Probability of Failure of Dams for Use in Quantitative Risk Assessment. In: *Proceedings of the 20th Congress on Large Dams*. Beijing: International Commission on Large Dams; 2001. Available at: [https://www.researchgate.net/publication/2324704\\_The\\_Status\\_Of\\_Methods\\_For\\_Estimation\\_Of\\_The\\_Probability\\_Of\\_Failure\\_Of\\_Dams\\_For\\_Use\\_In\\_Quantitative\\_Risk\\_Assessment](https://www.researchgate.net/publication/2324704_The_Status_Of_Methods_For_Estimation_Of_The_Probability_Of_Failure_Of_Dams_For_Use_In_Quantitative_Risk_Assessment) (accessed 2nd November 2021). (In Eng.).
12. Monitoring of Dams and their Foundations. State of the Art. International Commissionnon Large Dams, Bulletin № 68. Jakarta. Indonesia: International Commissionnon Large Dams; 1986. (In Eng.).
13. Ivashchenko I.N., Radkevich D.B., Ivashchenko K.I. [Probabilistic assessment of the risk of dam accidents based on the results of their monitoring and surveys]. *Power Technology and Engineering*. 2012; (7): 22–28. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17853125> (accessed 10th January 2022). (In Russ.).
14. Vasilevskiy A.G., Serkov V.S. [Dam safety — about the article: Ivashchenko I.N., Radkevich D.B., Ivashchenko K.I. Probabilistic assessment of the risk of dam failures based on the results of their monitoring and surveys]. *Power Technology and Engineering*. 2013; (3): 21–23. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=18869528> (accessed 2nd December 2021). (In Russ.).
15. Kolesnikov Yu.M. To the issue of civil liability insurance of navigable hydraulic structures. *Russian Journal of Transport Engineering*. 2019; 6(1): 13SATS119. (In Eng., abstract In Russ.) DOI: <https://doi.org/10.15862/13SATS119>.

---

**Information about the authors:**

**Yury M. Kolesnikov** — Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia, e-mail: [kolesoys@rambler.ru](mailto:kolesoys@rambler.ru)  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6108-0727>

---

Submitted: 01st February 2022. Revised: 10th March 2022. Published online: 24th March 2022.