

# СЕВЕРО-ДВИНСКАЯ ШЛЮЗОВАННАЯ СИСТЕМА: ОПЫТ РЕКОНСТРУКЦИИ И АВТОМАТИЗАЦИИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ШЛЮЗАМИ



**Неволин Н. В.,**  
начальник службы гидросооружений  
и имущественных отношений ФБУ  
«Администрация «Севводпуть»



**Полковников Д. А.,**  
директор направления ООО «Нэксст  
Технолоджис»

**Аннотация.** В статье представлены технологии реконструкции и автоматизации шлюза № 5 Северо-Двинской шлюзованной системы, который в 2017 г. отметил свое 100-летие. Показаны современные технические решения при реконструкции камеры, верхней и нижней головы шлюза. Детально показаны компоненты и возможности автоматизированной системы управления шлюзом, обоснованы выбор и преимущества электроцилиндра в качестве механизма привода верхних и нижних ворот.

**Ключевые слова:** Северо-Двинская шлюзованная система, автоматизация судоходного шлюза, технологии реконструкции судоходного шлюза.

Северо-Двинская шлюзованная система (далее — СДШС), известная в истории как система герцога Вюртембергского, является важной транспортной артерией Вологодской области, пересекая ее с запада на восток перпендикулярно основным железнодорожным и автомобильным магистралям. СДШС соединяет Волго-Балтийский водный путь шлюзованным каналом через Кубенское озеро и р. Сухону с р. Северной Двиной. Она была открыта в 1828 г., общая длина составляет 127 км. В составе СДШС четыре гидроузла, которые включают 26 гидротехнических сооружений, из них шесть шлюзов (рис. 1).

В 2014 г., после внесения изменений в ФЦП «Развитие транспортной системы России (2010–2020 годы)», в подпрограмму «Внутренний водный транспорт» включили реконструкцию шлюзов №№ 2, 5 — последних на СДШС, которые остались не отремонтированными. В 2016 г. началась реконструкция шлюза № 5, построенного в 1917 г. и расположенного в деривационном канале в 44,7 км от р. Шексны.

Шлюз однокамерный, деревянный, ряжевой конструкции с промежуточной головой, оборудован плоскими металлическими ригельными рабочими двухстворчатыми воротами (рис. 2). Полезная длина камеры шлюза составляет 155,4 м (длина 164,34 м, ширина 12,83 м), напор на сооружение 2,21 м. Глубина на стенке падения при НПУ — 2,75 м. С течением времени и в процессе эксплуатации промежуточная голова была демонтирована, неоднократно проводились ремонты деревянных и металлических конструкций.

После закрытия навигации 2016 г. начались работы по реконструкции шлюза — были отсыпаны верховая и низовая земляные перемычки, демонтированы конструкции старого шлюза, причем у лицевых стен камеры и устоев голов был разобран только один лицевой ряж.

Для улучшения условий эксплуатации, повышения надежности и долговечности сооружения, а также реализации импортозамещения в проекте реконструкции шлюза была

SEVERNAYA DVINA LOCK SYSTEM: BEST PRACTICES IN RECONSTRUCTION AND AUTOMATION OF LOCK OPERATION SYSTEM

Nevolin N. V., Head of HES and Property Matters Service, FSI SevVodPut Administration  
Polkovnikov D. A., Area Director, Next TechNologies LLC

**Abstract.** The article presents technologies for reconstruction and automation of Lock № 5 on the Severnaya Dvina river, which has celebrated its centenary in 2017. Cutting-edge technical solutions for reconstruction of the lock chamber, upstream and downstream ends of the lock are demonstrated. It also provides a detailed review of components and capabilities of the automated system for lock operation, gives reasons and covers the advantages of using electric cylinder as a mechanism to drive the head and tail gates of the lock.

**Keywords:** Severnaya Dvina lock system, shipping lock automation, shipping lock reconstruction technologies.

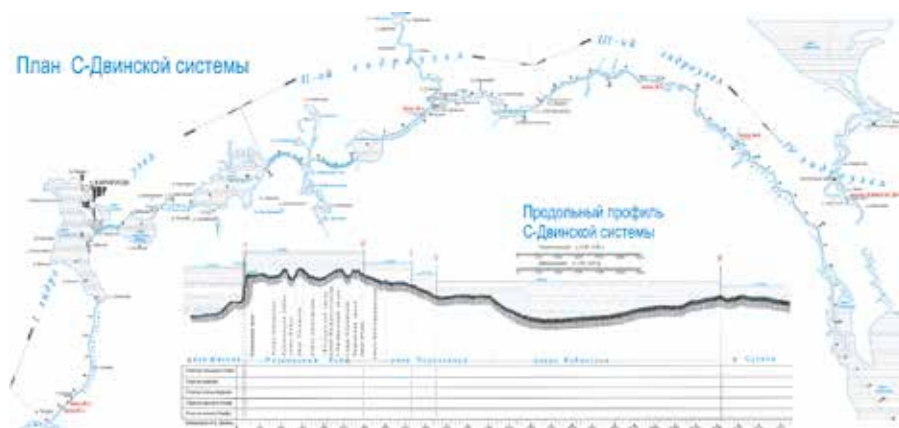


Рис. 1. План СДШС



Рис. 2. Шлюз № 5 до реконструкции

предусмотрена модификация конструкций стен всех элементов шлюза из шпунтового ряда повышенной жесткости. Лицевые стены верхней головы шлюза (рис. 3) выполнены из стального шпунта Л5-УМ, усиленного двутавром Б40Ш1. Длина шпунта — 10 м. По периметру устоев головы, между шпунтовой стенкой возведена железобетонная стена толщиной 1,2 м с консолью под механизмы рабочих двустворчатых ворот (РДВ). Лицевая часть стены заанкерена металлическими тягами Ø 50 мм за опорный ряд из отдельно стоящих ж/б плит 1500×1500×300 мм. Шаг анкерных тяг составляет 1,5 м. Поверх шпунтовые сваи объединены между собой металлическим оголовком с леерным ограждением. Стенка падения и днище — бетонные. В стенке падения установлены закладные для стоек ремонтного заграждения. В начале и окончании головы забиты противофильтрационные стенки из шпунта GU-8N длиной 4,5 м.

Стены камеры шлюза (рис. 4)



Рис. 3. Реконструкция верхней головы шлюза

устроены в виде комбинированной стенки из стального шпунта Л5-УМ, усиленного двутавром Б40Ш1, так называемой рюмочно-шпунтовой сваи (РШС) и шпунта Л5-УМ. РШС длиной 12 м располагаются с шагом 1 м, шпунтовые сваи Л5-УМ длиной 7 м располагаются между РШС также с шагом 1 м. Поверх шпунтовые сваи объединены между собой металлическим оголовком с леерным ограждением. Отбойные устройства выполнены из сегмента ¼ трубы Ø 920×10, заполненного бетоном, и установлены с шагом 10 м. Днище камеры выполнено из камня фр. 70÷250, засыпанного между ребрами ж/б распорки, уложенной на подстилающий слой гранитного щебня фр. 20÷40.

Нижняя голова шлюза выполнена по типу верхней головы, но без стенки падения. В днище нижней головы также установлены закладные для стоек ремонтного заграждения. Палы — лицевая стенка устроена в виде комбинированной стенки из РШС длиной 10 м и шпунта Л5-УМ длиной 7 м. Лицевой ряд правой палы нижней головы заанкерен металлическими тягами Ø 20 за ж/б анкерные плиты. Поверх шпунтовые сваи объединены между собой металлическим оголовком с леерным ограждением. На конце пал устроены торцевые открьлки длиной 5,5 м с углом поворота 90°. Палы имеют криволинейное очертание в плане. Обратная засыпка выполнена песчаным грунтом. Длина верхних пал: левой — 53 м, правой — 39 м. Длина нижних пал: левой — 38 м, правой —

38 м. Все металлические наружные поверхности очищены кварцевым песком и окрашены примплатиной.

Автоматизированную систему управления (АСУ) приводами ворот и клинкетов с технологическим видеонаблюдением выполнило ООО «Нэкст Технолоджис» (г. Череповец). Работы по автоматизации систем управления гидротехническими сооружениями на объектах СДШС были начаты еще в 2012 г., за прошедший период реализованы три проекта АСУ на шлюзах №№ 3, 5 и 6, в 2017 г. начаты работы на шлюзе № 4. Компания «Нэкст Технолоджис» выполнила весь комплекс работ: проектирование, производство, поставку, сборно-монтажные и пусконаладочные работы. В результате на указанных шлюзах были установлены автоматизированные системы управления приводами ворот и приводами клинкет, системы технологического видеонаблюдения.

Аппаратно-программный комплекс (АПК) предназначен для автоматизированного управления ворота-



Рис. 4. Реконструкция камеры шлюза



Рис. 5. Пульт управления шлюза № 5 в диспетчерской

ми шлюза при процессе судопропуска через шлюз, включающий: контроль корректности выполнения операций по управлению рабочими механизмами ворот, регистрацию хода технологического процесса, диагностику неисправностей, контроль метео- и гидрологических параметров и формирование информации для составления отчета внештатных и аварийных ситуаций.

Целями установки АСУ являются:

- реализация автоматического режима работы шлюза;
- увеличение скорости судопропуска;
- повышение безопасности технологического процесса судопропуска;
- достижение аппаратной, информационной и программной совместимости системы управления технологическими процессами шлюзования с устройствами управления электро-силовым оборудованием;
- замена старых контакторных схем на автоматизированную микропроцессорную систему управления;
- установка современных цифровых датчиков;
- увеличение надежности системы управления за счет использования резервированных схем, создания расширенной диагностической подсистемы и блочно-модульного построения АСУ;
- увеличение срока службы механизмов (гидравлики, механических частей привода, уплотнений, затворов и ворот) за счет обеспечения плавности и защищенности работы привода и автоматизированной диагностики состояния механизмов;
- сведение к минимуму влияния «человеческого фактора»;



Рис. 6. Часть АСУ в пункте управления шлюзом

- подготовка базы для внедрения систем удаленного мониторинга состояния шлюза с центральной диспетчерской бассейнового управления;
- улучшение условий труда оперативного персонала;
- снижение затрат на потребляемые ресурсы;
- обеспечение функций защиты оборудования шлюза за счет блокировочных функций в предаварийных ситуациях.

АСУ имеет иерархическую функциональную структуру:

Уровень датчиков, измерительных приборов и исполнительных устройств, обеспечивающих:

- формирование достоверной информации о состоянии технологических параметров судопропуска и состоянии внутренних элементов АСУ;
- выдачу информации об исправности датчиков и измерительных средств в ПВС второго уровня;
- коммутацию силового напряжения, коммутацию и преобразование параметров силового напряжения;
- выдачу информации об исправности, готовности и состоянии электроприводов электродвигателей, контакторов и пускателей в ПВС второго уровня.

Уровень программно-вычислительных средств (ПВС), который обеспечивает:

- прием сигналов от датчиков и измерительных приборов;
- выполнение программы управления исполнительными механизмами шлюза;
- контроль и анализ блокировок технологической безопасности;
- прием управляющих команд от ПВС третьего уровня;



Рис. 7. Электромеханический привод двустворчатых ворот шлюза № 5

- выдача управляющих команд на исполнительные устройства первого уровня;
- организация работы местных пультов управления.

Пульт управления АСУ центральной диспетчерской службы (ПУ ЦДС, рис. 5). На шлюзах СДШС выполнен в виде одного рабочего места. Средствами отображения и управления являются жидкокристаллические сенсорные панели с диагональю не менее 10'. Пульт управления выполняет следующие функции:

- прием команд от оператора;
- визуализация хода технологического процесса судопропуска, технологического состояния шлюза, работы исполнительных механизмов;
- визуализация заданных режимов работы АСУ, обобщенного состояния исправности и готовности аппаратуры АСУ;
- индикация состояния и параметров работы исполнительных механизмов, предупредительных и аварийных сообщений;
- индикация показаний датчиков и измерительных средств, непосредственно не связанных с работой исполнительных механизмов шлюза.

На постах верхней и нижней го-



Рис. 8. Шлюз № 5 после реконструкции

ловы установлено соответствующее локальное оборудование — уровень ПВС. Управление судопропуском также можно вести и отсюда. Установлены локальная сенсорная панель, органы ручного управления, светосигнальная арматура.

На всех приводах (клинкеты, створки) в составе шкафов управления используются преобразователи частоты, что позволяет не только регулировать скорость закрытия/открытия, но и обеспечить плавный пуск/останов, продлить срок службы механизмов, исключить броски напряжения в сети. Дополнительно отслеживается ток потребления исполнительным механизмом, и своевременно обнаруживаются аварии по перегрузкам (например, попадание бревна под створку или в клинкет).

Самой сложной в автоматических системах является задача управления синхронным перемещением створок шлюза. Если при открытии створок точность синхронного перемещения не важна, то на момент их закрытия необходимо четко контролировать и управлять этим процессом, иначе створки может заклинить. Открытие и закрытие ворот может осуществляться с разной скоростью. Возможность изменения скорости вращения в широком диапазоне за счет частотного управления электроприводами позволяет регулировать скорость перемещения ворот в целом, а также регулировать перекус. На момент начала процесса закрытия скорость плавно нарастает до максимального значения. При приближении створок скорость медленно начинает снижаться и на момент смыкания створок составляет не более 0,2 м в минуту.

Начиная с реконструкции шлюза № 6 в 2015 г., на приводы клинкет устанавливаются однооборотные механизмы (МЭО). В сочетании с частотным приводом это позволило добиться более полной информации о положении створки клинкета, а также снизить риски поломки привода при заклинивании створки клинкета, путем отслеживания значений токов перегрузки. В дальнейшем, уже при реконструкции шлюза № 5, в конструкцию МЭО была включена дополнительная механическая блокировка по усилию на валу для исключения поломок привода при попадании посторонних предметов в створку клинкета.

На шлюзе № 5 впервые были использованы электромеханические цилиндры для управления створками (рис. 7). Компания-подрядчик на АСУ — единственная организация в РФ и СНГ, которая имеет опыт автоматизации судоходного шлюза с применением специализированных электромеханических цилиндров. Одни из достоинств данного оборудования — большой запас прочности и возможность точно отслеживать положение створки, что обеспечивает встроенный датчик положения штока. Механизм привода верхних и нижних ворот шлюза — электроцилиндр EMLA-100-2300. Рассчитан на усилие 10 т, датчик ограничения усилия, расположенный внутри электроцилиндра, отрегулирован на усилие 3 т, также внутри имеются датчики концевых выключателей. Точность выдвижения штока 0,1 мм. Также предусмотрен ручной привод открытия ворот.

При установке электромеханических цилиндров необходимо учесть такие важные моменты, как: места присоединения рабочего штока к створке; длина рабочего хода должна быть сопоставима с длиной створки.

Работы по монтажу электромеханических цилиндров на шлюзе № 5, подключение к системе и точная настройка работы приводов были выполнены за 7 календарных дней! 5 мая 2017 г. с открытием навигации шлюз начал пропуск судов в автоматизированном режиме (рис. 8).

КОМПАНИЯ «НЭКСТ  
ЕХНОЛОДЖИС»  
ОСНОВАНА В 2004 г.  
ГРУППОЙ АЗРАБОТЧИКОВ,  
КОНСТРУКТОРОВ,  
РОГРАММИСТОВ  
И ИНЖЕНЕРОВ

#### Наши компетенции:

- диспетчеризация и аварийный контроль;
- мониторинг, СМИС;
- автоматизация объектов;
- преобразователи частоты, устройства плавного пуска;
- станции и шкафы управления;
- системы коммерческого учета;
- источники питания, преобразователи интерфейсов, барьеры искрозащиты;
- создание диспетчерских центров (ЕДДС);
- энергосберегающие технологии;
- светодиодное освещение.

#### Компания выполняет полный комплекс работ:

- консультирование;
- разработка рабочего проекта;
- поставка, монтаж, наладка;
- техническое сопровождение и обслуживание.



ООО «Нэксст Технолджис»  
В Череповце: (8202) 59-83-78  
(тел./факс), 30-23-78  
В Вологде: (8172) 50-04-97  
Череповец, ул. Металлистов, 1, оф. 11  
E-mail: nt-35@nt-35.ru  
www.nt-35.ru