УДК 626.423

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ И ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СТРАТЕГИИ МОДЕРНИЗАЦИИ МЕХАНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ШЛЮЗОВ СУДОХОДНЫХ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

© 2015 В.Н. Морозов

ООО «Техтрансстрой», г. Самара

Поступила в редакцию 17.03.2015

Рассматриваются научно-технические и экономические аспекты стратегии модернизации механического оборудования шлюзов судоходных гидротехнических сооружений водных путей РФ, возможные пути решения проблем повышения пропускной способности шлюзов и повышения их технической безопасности. Обосновывается создание инновационного испытательного оборудования для ускоренных эквивалентных испытаний, максимально приближенных к условиям эксплуатации для единичного и мелкосерийного производства на этапах проектирования гидропривода, как определяющего прогрессивного оборудования.

Ключевые слова: *модернизация, судоходный шлюз, резервирование, гидропривод*

В рамках целевой комплексной программы «Развитие транспортной системы России (2010-2020 годы)», подпрограмма «Внутренний водный транспорт», утвержденной распоряжением Правительства РФ от 22.10.2008 г. №1734-р, предусматривается коренная модернизация судоходных гидротехнических сооружений, увеличение пропускной способности внутренних водных путей РФ, повышение надежности и безопасности при эксплуатации, снижение затрат на техническое обслуживание и ремонт.

В состав судоходных гидротехнических сооружений входит 108 шлюзов, введенных в эксплуатацию более 50 лет назад. Несмотря на постоянное техническое обслуживание и ремонт часть механического оборудования, используемого на шлюзах для перемещения ворот и затворов при их открытии и закрытии, технически и морально устарело. Научно-технический прогресс в технике перемещения крупногабаритных масс, находящихся под действием переменных внешних нагрузок, в частности, развитие гидроприводов и успешное их использование в различных отраслях промышленности, позволяет рассмотреть и по возможности использовать достигнутый уровень при выработке научно-технических и экономических аспектов стратегии модернизации механического оборудования шлюзов судоходных гидротехнических сооружений. Целевой комплексной программой предусмотрены инвестиции на выполнение работ по модернизации шлюзов. Так, на 2013 г. объем финансирования составил 10935505,3 тыс. руб., в том числе на НИОКР 26125,0 тыс. руб. [1]. Установленные расходы при этом на НИОКР составляют менее 2,4% от общего объема инвестиций. В условиях сокращения государственного бюджета и ограничения импортных поставок минимизация расходов на НИОКР требует уточнения и оптимизации научно-технических и экономических аспектов стратегии модернизации механического оборудования шлюзов судоходных гидротехнических сооружений в части концентрации материально-финансовых потоков на решение типовых задач, при решении которых обеспечивается рост показателей шлюзов по увеличению их пропускной способности, технической безопасности, сокращению затрат на техническое обслуживание и ремонт, объема ручных операций управления и контроля.

Методология оптимизации научно-технических и экономических аспектов стратегии модернизации механического оборудования шлюзов судоходных гидротехнических сооружений. Для выявления наилучшего варианта проекта гидропривода ворот и затворов шлюзов судоходных гидротехнических сооружений предлагается рассматривать стратегии модернизации со следующих научно-технических аспектов (точек зрения):

- применимость общих технических требований к современным системам и электро-гидромеханическому оборудованию,

Морозов Виктор Николаевич, кандидат технических наук, доцент, директор. E-mail: ttstroy@tts63.ru

предназначенному для использования в приводах ворот и затворов, в том числе функциональные показатели, показатели надежности, экономическому использованию энергии и др. (ГОСТ 4.37-90);
- наличие специальных технических требований к гидроприводу ворот и затворов шлюзов, в том числе по внешним и внутренним возмущающим нагрузкам, климатическому исполнению, габаритам и массам перемещающих объектов и др.;
- выбор технологического процесса управления, контроля и диагностики, в том числе автоматизация отдельных объектов и/или всего комплекса в целом;
- возможность оценки затрат на всех этапах разработки, изготовления, эксплуатации и ремонта, в том числе при единичном и/или мелкосерийном производстве;
- возможность импортозамещения;
- возможность оценки показателей надежности отдельных элементов и комплекса в целом в условиях единичного и/или мелкосерийного производства.

При рассмотрении научно-технических аспектов стратегии модернизации гидроприводов следует предусмотреть:
- чтобы принятые конструктивные решения и технологические процессы имели подтверждение их работоспособности в условиях, близким к эксплуатационным;
- чтобы принятые конструктивные решения и технологические процессы не были морально устаревшими;
- до принятия решения были исследованы альтернативные варианты;
- в перспективе имелась возможность внедрения новых технологий и конструкций.

С экономической точки зрения выполнению вышеуказанных аспектов стратегии намеченной модернизации должны предшествовать работы по типизации, унификации и стандартизации. Типизация, унификация и стандартизация требований на гидропривод позволяет упорядочить показатели качества при участии всех заинтересованных сторон для достижения оптимальной конструкции при соблюдении функциональных условий и требований техники безопасности. При этом необходимо установить:
- оптимальные требования к номенклатуре показателей качества;
- требования по совместимости (конструктивной, электрической, электромагнитной, информационной, программной и др.), а также взаимозаменяемости узлов и гидропривода в целом;
- согласовать и увязать показатели и характеристики гидропривода, его элементов, комплектующих изделий, рабочей жидкости и материалов;
- унифицировать на основе установления и применения параметрических и типоразмерных рядов, базовых конструкций, конструктивно-унифицированных блочно-модульных составных частей;
- установить метрологические нормы, правила, положения и требования;
- нормативно-технически обеспечить контроль испытаний, анализа измерений параметров, сертификации и оценки качества гидропривода;
- установить требования к технологическим процессам, в том числе для снижения материалоемкости, энергоемкости и трудоемкости, для обеспечения применения малоотходных технологий;
- создать/внедрить системы классификации и кодирования технико-экономической информации;
- разработать программное обеспечение проектов модернизации гидропривода, инфраструктурных комплексов шлюзов (связь, охрана окружающей среды, контроль среды обитания, безопасность населения и т.д.);
- создать системы каталогизации для обеспечения потребителей информацией о номенклатуре и основных показателях гидропривода;
- всесторонне содействовать выполнению законодательства РФ методами и средствами стандартизации.

Применительно к гидроприводу ворот и затворов шлюзов судоходных гидротехнических сооружений единичного и/или мелкосерийного производства оценка показателей качества в настоящее время производится по результатам эксплуатации, хотя рекомендуется их оценка также на этапах проектирования и изготовления. На рис. 1 показана ныне реализуемая структурная схема распределения показателей качества (ПК) и их реализация по этапам жизненного цикла гидропривода ворот и затворов шлюза при единичном производстве. Оценка показателей качества по надежности из-за больших габаритов и массы, сложности реализации внешних нагрузок и др. на стадиях проектирования и изготовления усложнены и как правило не производится.

В условиях минимизации финансирования модернизации гидропривода в качестве приоритетного направления устанавливается требование оценки показателей качества, в том числе показателей надежности на этапе проектирования, когда производится выбор различных вариантов конструкций, их сравнительный анализ, оптимизация. С этой целью должны быть реализованы мероприятия, обеспечивающие оценку показателей качества на этапах проектирования, конструкторско-доводочных испытаний (КДИ) и

в ходе производства (рис. 2). Предлагаемая структурная схема может быть реализована при максимальной стандартизации и унификации специальных технических требований и конструктивных решений гидропривода ворот и затворов и создании специального испытательного оборудования (испытательных стендов), максимально эмитирующих условия эксплуатации данного вида изделий.

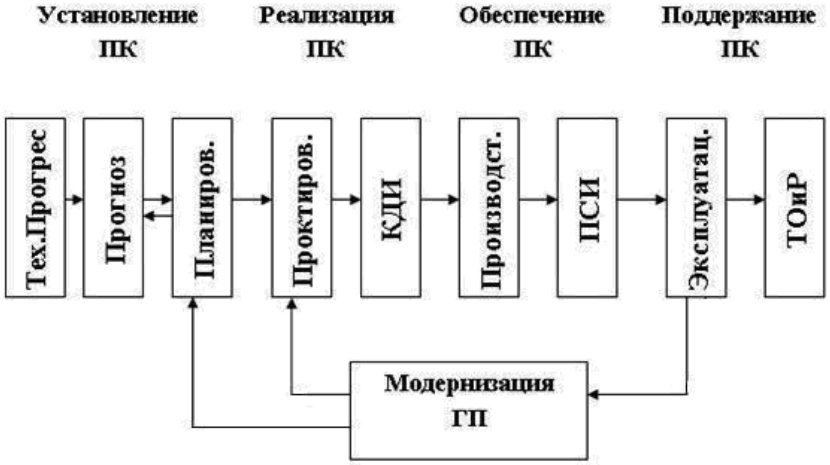

Рис. 1. Структурная схема распределения показателей качества (ПК) гидропривода ворот и затворов судоходных шлюзов по этапам жизненного цикла при единичном производстве

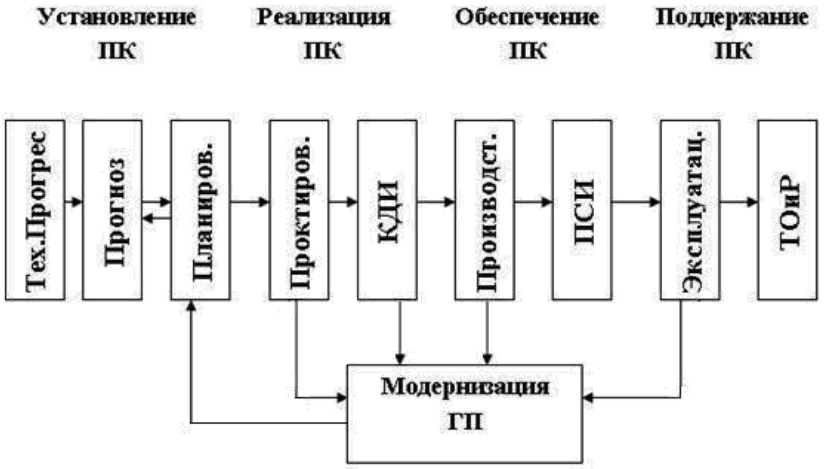

Рис. 2. Предлагаемая структурная схема распределения показателей качества (ПК) гидропривода ворот и затворов судоходных шлюзов по этапам жизненного цикла при единичном производстве

Известно, что стандартизация общих и специальных технических требований на проектируемое изделие, в том числе на гидропривод гидротехнических сооружений, это метод достижения оптимальной степени упорядочения и оптимизации показателей качества. Работам по стандартизации предшествуют работы по унификации и типизации. Под унификацией понимают действия, направленные на сведение к технически и экономически обоснованному рациональному минимуму неоправданного многообразия различных требований, накладываемые на изделие, детали, узлы, технологические процессы и документацию. Унификация – это средство оптимизации параметров качества. При работах по типизации отрабатываются вопросы единообразия показателей качества для серии однородных изделий. Применительно к гидроприводу судоходных гидротехнических сооружений, рассчитанного на длительный срок эксплуатации, должен применяться метод опережающей стандартизации. Суть этого метода заключается в установлении повышенных по отношению к уже достигнутому на практике уровню норм и требований к объектам стандартизации, которые согласно прогнозам будут оптимальными в последующее время.

Развитие научно-технического прогресса неизбежно приводит к увеличению темпов морального старения продукции. Одновременно с этим усложняются объекты, увеличивается время их разработки и внедрения. Разновидностью

опережающих стандартов являются ступенчатые стандарты, включающие в себя показатели качества различного уровня с заранее известным или планируемым сроком введения в действие каждой ступени стандарта. Ряд выше перечисленных требований к унификации, типизации и сертификации требований на гидропривод установлен в нормативной документации. Так, в государственном стандарте ГОСТ 17411 установлены общие технические требования к конструкции, изготовлению, сборке и монтажу. Правила приемке гидропривода регламентируются ГОСТ 22976. Применительно к гидроприводу затворов шлюзов требования к проектированию и приемке регламентируются руководящим документом РД212-171-93. В национальном стандарте РФ ГОСТ Р 54369-2011 указаны общие требования на проектирование, изготовление и введение в эксплуатацию системы управления электрооборудованием для обеспечения технологического процесса судопропуска на вновь вводимых, реконструируемых и подлежащих капитальному ремонту судоходных шлюзах. Такое большое количество нормативных документов по гидроприводу, а также нормативные документы на изделия, входящие в состав гидропривода (насосы, гидроцилиндры, распределительные и регулирующие агрегаты и др.) значительно усложняют работу конструкторов при проектировании гидропривода. Необоснованные включения ряда показателей качества в проектную документацию приводят к усложнению конструкции, повышению трудоемкости изготовления и испытания, росту трудоемкости технического обслуживания и ремонту. Требуется технико-экономическое обоснование включения в техническое задание конкретных показателей качества, установление их весомости на выходные параметры гидропривода.

В настоящее время в связи с усложнением техники, переводом ее на автоматические и (или) автоматизированные режимы работы особо важное значение приобрели показатели надежности. Для изделий первого вида, к которым относится гидропривод ворот и затворов шлюзов (в процессе эксплуатации могут находиться в двух состояниях – работоспособном или неработоспособном) при многократном циклическом применении из большого числа показателей надежности государственным стандартом ГОСТ 27.003 в число приоритетных выделены следующие показатели безопасности, показатели долговечности и показатели сохранности:

- коэффициент готовности Кг;
- вероятность безотказной работы Рб;
- среднее время восстановления Тв;
- гамма-процентный ресурс до капитального ремонта Трукр;
- гамма-процентный срок службы до капитального ремонта Тслукр;
- гамма-процентный срок сохранности Тс.

Эти показатели качества как правило ранее не использовались в разработанных технических заданиях. На рис. 3 показана структурная схема показателей безопасности (ПБ), долговечности (ПД) и сохранности (ПС).

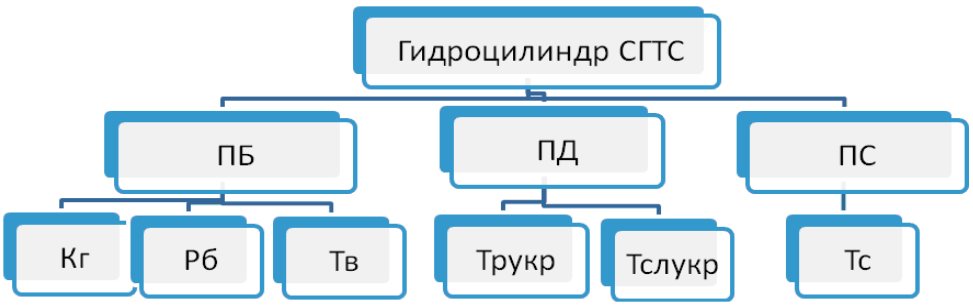

Рис. 3. Структурная схема показателей безопасности (ПБ), долговечности (ПД) и сохранности (ПС)

Принятие в техническом задании новых показателей, отвечающих современным тенденциям развития и оптимизации гидропривода, устранение излишнего многообразия и разнотипности позволяет создать необходимую техническую базу для организации выпускаемой продукции на достаточно длительную перспективу, заставляя при этом ориентироваться на темпы и направления научно-технического прогресса, использовать лучший отечественный и зарубежный опыт, результаты фундаментальных и прикладных научных исследований, открытия и изобретения, результаты прогнозирования и методы оптимизации.

Представляется, что начатые в инициативном порядке совместные работы ООО «Техтрастрой» г. Самара и Национального исследовательского университета СГАУ г. Самара при

поддержке Федерального агентства морского и речного транспорта, Федеральных бюджетных учреждений, Районов гидротехнических сооружений и судоходства, ведущих научных и учебных учреждений, в том числе Санкт-Петербургский государственный университет водных коммуникаций, Московская государственная академия водного транспорта, позволят оптимизировать требования к гидроприводу судоходных гидротехнических сооружений, контролировать в процессе проектирования, производства и эксплуатации, что приведет к повышению качества гидропривода.

В качестве примера возможности экспериментальной оценки вышеприведенных показателей надежности гидропривода ворот и затворов судоходных шлюзов с различными системами автоматического управления приведен модернизированный комплекс 100-КЭ, спроектированный в 2011 г. в ООО «Техтрансстрой». Общий вид комплекса 100-КЭ приведен на рис. 4.

Рис. 4. Общий вид комплекса 100-КЭ

Комплекс 100-КЭ выполнен в блочно-модульном исполнении. Силовая нагрузочная часть комплекса позволяет реализовать переменные внешние и внутренние нагрузки, имитирующие условия эксплуатации гидропривода на судоходном шлюзе. Конструкция комплекса позволяет проводить сравнительный анализ гидропривода с различными системами регулирования (дроссельная, частотная, машинно-дроссельная, частотно-дроссельная) при различных характерах протекания управляемого технологического процесса (непрерывного с длительным поддержанием режима, полунепрерывного с существенными для управления переходными режимами, дискретного с непрерывным и прерывистыми режимами на различных стадиях процесса, циклического с существенной для управления длительностью интервалов циклов). Конструкция комплекса и способ испытания гидроцилиндров защищены патентами РФ №117541, выдан в 2011 г. и №2511886, выдан в 2012 г. Некоторые результаты экспериментальных исследований опубликованы в работах [2-6].

Полученные результаты позволили разработать инновационный способ регулирования скорости объемного гидропривода с комбинированной частотно-дроссельной системой управления при пуске под нагрузкой (патент на изобретение РФ №2503858 опубликован 11.09.2012 г.). В настоящее время экспериментальная система с комбинированной частотно-дроссельной системой управления проходит проверку в условиях эксплуатации действующего шлюза №26 Балаковского РГСиС. В период навигации 2013-2014 гг. отказов, связанных с данной системой выявлено не было.

Выводы: применительно к гидроприводу ворот и затворов шлюзов судоходных гидротехнических сооружений, относящихся к стратегически важным объектам повышенной опасности, рассмотрены научно-технические аспекты стратегии их модернизации. Показано что в условиях ограниченного финансирования наиболее узким местом является оценка показателей качества при единичном производстве и как следствие выбор оптимального варианта реализуемой

конструкции гидропривода. Установлено, что наиболее целесообразным инновационным инвестированием является создание и отработка типовых конструкций гидропривода на этапе проектирования с проведением специальных испытаний на моделирующих комплексах, имитирующих условия эксплуатации и позволяющих проводить ускоренные эквивалентные испытания. На примере комплекса 100-КЭ показана возможность реализации такого оборудования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Аналитическая справка о ходе реализации подпрограммы «Внутренний водный транспорт» за 2013 год, утв. Заместителем руководителя Росморречфлота Вовк В.Н.
2. *Бессмертный, Д.Э.* Современные тенденции модернизации приводов механического оборудования судоходных гидротехнических сооружений / *Д.Э. Бессмертный, В.Н. Морозов, И.Л. Краснощеков, Л.А. Павлович* // Гидротехника XXI век. 2011. №2 (5). С. 42-45.
3. *Морозов, В.Н.* Особенности технологических испытаний гидроприводов судоходных гидротехнических сооружений / *В.Н. Морозов, И.Л. Краснощеков, Л.А. Павлович* и др. // Вестник машиностроения.2014. №4. С. 10-13.
4. *Мельников, Е.В.* Автоматическая система синхронизации гидроподъемников верхних рабочих ворот судоходного шлюза / *Е.В. Мельников, И.А. Данилушкин, С.А. Колпащиков* и др. // Известия Самарского научного центра Российской академии наук.2014. Т. 16, №1(2). С. 444-448.
5. *Морозов, В.Н.* Результаты испытаний системы синхронизации движения верхних рабочих ворот шлюзов судоходных гидротехнических сооружений / *В.Н. Морозов, И.Л. Краснощеков, Л.А. Павлович, Д.Б. Красинский* // Динамика и виброакустика машин: сб. докл. второй Межд. н/т конф. 15-17 сентября 2014 г., Самара: СГАУ. В 2 томах. Том 2. С. 527-528.
6. *Морозов, В.Н.* Совершенствование гидроприводов аварийно-ремонтных затворов турбинных водоводов ГЭС / *В.Н. Морозов, И.Л. Краснощеков, Л.А. Павлович, Д.Б. Красинский* // Труды Межд. науч.-практ. конф."Eurоscience-2014" (г. Белгород, 4-5 сентября 2014 года), Belgorod - Sheffield. Science and education LTD. С. 5-6.

SCIENTIFIC, TECHNICAL AND ECONOMIC ASPECTS OF MODERNIZATION STRATEGY THE NAVIGABLE GATEWAYS MECHANICAL EQUIPMENT OF HYDRAULIC ENGINEERING CONSTRUCTIONS

© 2015 V.N. Morozov

JSC “Tehtransstroy”, Samara

Scientific, technical and economic aspects of modernization strategy the navigable gateways mechanical equipment of hydraulic engineering constructions in Russian Federation, possible solutions of problems of increasing the channel capacity of gateways and increasing of their technical safety are considered. Creation of innovative test equipment for the accelerated equivalent tests most approached to exploitation conditions for individual and small-scale production at hydraulic actuator design stages as defining progressive equipment.

Key words: *modernization, navigable gateway, reservation, hydraulic actuator*

Viktor Morozov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Director. E-mail: ttstroy@tts63.ru