



# АКВАТРОНИКА - НОВОЕ НАПРАВЛЕНИЕ КАДРОВОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОГО КОМПЛЕКСА

Николенко И.В.

д-р техн. наук,  
проф.

Академия строительства и архитектуры Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, г. Симферополь

Показана важность проблемы повышения уровня подготовки специалистов водохозяйственного комплекса для повышения эффективности использования ресурсов и энергии в технических и технологических системах. Одним из путей решения является формирование новых направлений и специальностей, совершенствование системы управления подготовкой кадров, а также переоснащение учебно-лабораторной базы образовательных учреждений. Выполнен анализ современных тенденций в подготовке специалистов для водохозяйственного комплекса, в частности для систем водоснабжения и водоотведения. Представлены новые подходы в решении задач водохозяйственного комплекса на основе внедрения акватроники, которая рассматривается как интеграция знаний в соответствующих областях науки и техники. Акватроника позволяет совершить качественный скачок в создании технологических процессов новых поколений и в производстве новейших видов систем и оборудования. Описан опыт создания научно-образовательного центра по акватронике, для обеспечения подготовки специалистов по этому направлению.

**Ключевые слова:** водопользование, водные ресурсы, кадровое обеспечение, системы водоснабжения и водоотведения, акватроника, управление, оптимизация.

## Введение

Ограниченность мировых запасов пресной воды стремительно превращает ее в дефицитный природный ресурс. Недостаток энергоресурсов, а также проблемы охраны окружающей среды делают вопросы, которые связаны с водопользованием особо актуальными. Защита водных ресурсов, оптимизация их использования становятся в центре международной и государственной политики с регулированием на различных уровнях управления.

Основными факторами, оказывающими негативное влияние на рациональность использования и создание дефицита водных ресурсов, являются мировой рост их потребления, нерациональное использование и загрязнение, а также применение устаревших технологий водопользования. Проблемы, связанные с потреблением воды и ее дефицитом, настолько обострились в последние десятилетия, что стали рассматриваться как одно из глобальных свидетельств общего кризиса современной цивилизации.

Качество продукции, услуг и технологических процессов неразрывно связано с квалификацией производственного персонала, инженерно-технического состава, а, следовательно, и с инновациями в области учебных технологий при их подготовке. Уровень сегодняшнего образования недостаточный, чтобы покрыть растущий спрос на квалифицированный персонал в современном, технологически быстро изменяющемся мире. Как правило, доступно теоретическое обучение составных частей специальностей. Для эффективного обучения требуются высокоинтегрированные практико-ориентированные методы решения проблем водопользования, в том числе систем водоснабжения и водоотведения (СВВ). Аналитические и практические навыки решения таких проблем являются наиболее важными для сокращения потерь и повышения эффективности процессов.

Интегральное понимание специфики и функций водных ресурсов необходимо для эффективного управления водопользованием, которое позволит уменьшить природную, экономическую, техническую и социальную неопределенность.

Существующая разнотипность структур управления водными ресурсами в Российской Федерации приводит к тому, что в большинстве решений проблем, связанных с водными ресурсами, основное внимание уделяется частным технологическим и конструктивным решениям, ориентированным в основном на их коммерциализацию. В результате в настоящее время накопилось немало проблем и противоречий при использовании водных ресурсов в различных отраслях промышленности: в энергетике, в сельском хозяйстве и в коммунальной сфере.

Как указывается в материалах Водного Конгресса, который проходил в июне 2017 года в Москве, необходимо объединение усилий для формирования качественно нового подхода к охране водных ресурсов в соответствии с современными требованиями экологической безопасности и экологическими стандартами, с обеспечением интегрированного управления, которое призвано координировать водные ресурсы во всех соответствующих секторах [1].

В соответствии с положениями Водной стратегии Российской Федерации на период до 2020 года, а также согласно Федеральной целевой программы «Развитие водохозяйственного комплекса Российской Федерации в 2012-2020 годах» одной из основных задач, определяющих направления развития водохозяйственного комплекса, является его кадровое обеспечение на основе совершенствования системы управления подготовкой кадров, переоснащение учебно-лабораторной базы образовательных учреждений, формирование новых направлений и специальностей, разработка и внедрение новых образовательных стандартов и программ обучения, соответствующих потребностям развития водного хозяйства, а также создание системы стимулов для привлечения и закрепления в отрасли специалистов с высшим и средним профессиональным образованием [2].

Управление и оптимизация производственных и технологических процессов являются в настоящее время наиболее важными задачами в СВВ, потому что их применение позволяет повысить эффективность использования водных ресурсов и энергии, а также уменьшить негативное воздействие на окружающую среду. Обеспечение этих процессов невозможно без применения современных технологий, новой аппаратной базы, инновационных алгоритмов управления и опти-

мизации. В СВВ наиболее известными для автоматизации являются процессы контроля уровня, давления, скорости потока, температуры, концентрации, энергопотребления, которые в результате обеспечивают улучшение качества, повышение эффективности и безопасности работы. С другой стороны, в СВВ возможно уменьшение потребления электрической и тепловой энергии, применив систему управления энергопотреблением, которая контролирует и управляет всем оборудованием и устройствами, влияющими на потребление энергии. Использование системы контроля и управления энергопотреблением обеспечивает оптимальные условия работы СВВ при минимальном энергопотреблении.

Система кадрового обеспечения во всем мире столкнулась с необходимостью создания направлений подготовки для удовлетворения потребностей в квалифицированных специалистах для комплексного решения проблем водопользования и очистки стоков. Одним из путей решения покрытия этого спроса является создание новых направлений подготовки и введение новых профессий и специализаций.

Внедрение новой области знаний – акватроники является перспективным направлением развития профильного образования, так как позволяет создать новое и уникальное направление подготовки, которое соответствует современным требованиям целостной, практически ориентированной профильной подготовки обучающихся для водохозяйственного комплекса России.

## Современное состояние кадрового обеспечения

Кадровое обеспечение СВВ в Российской Федерации в настоящее время обеспечивается в основном за счет обучающихся по укрупненной группе подготовки техника и технологии строительства; по направлению подготовки 08.03.01 – строительство для бакалавров, и по направлению подготовки 08.04.01 – для магистров по направленности (профилю) водоснабжение и водоотведение, которые соответствуют действующим ФГОС.

Область профессиональной деятельности выпускников, освоивших программу бакалавриата, включает инженерные изыскания, проектирование, оборудование строительных



объектов и городских территорий, техническую и экологическую безопасность в строительной и жилищно-коммунальной сфере. Объектами профессиональной деятельности выпускников этого профиля являются СВВ зданий, сооружений, населенных пунктов и промышленных объектов. В программе подготовки объем обязательной (базовой) части программы бакалавриата, перечень компетенций, а также показатели их достижения, обеспечиваемые дисциплинами и практиками обязательной (базовой) части, являются едиными для всех программ бакалавриата в рамках направления подготовки. В результате, в действующих учебных планах до 30% объема базовой части составляют дисциплины, которые связаны с основами проектирования и технологическими процессами строительства. Специальные дисциплины по направленности подготовки водоснабжение и водоотведение представлены только в вариативной части.

Анализ структуры затрат жизненного цикла СВВ показывает, что стоимость их строительства, оборудования и монтажа составляет менее 10-15%. Большая часть затрат жизненного цикла СВВ связана с потреблением энергии и различных ресурсов, а также эффективностью управления их использованием. Технология управления становится наиболее важной темой во всех областях деятельности СВВ, потому что ее рациональное использование позволяет существенно уменьшить потребление энергии и ресурсов, а следовательно стоимость поставки воды и очистки стоков, а также существенно влияет на экологическую безопасность этих систем. Многие сложные инженерные комплексы СВВ показывают на практике низкую надежность, невысокую технико-экономическую и экологическую эффективность, несмотря на то, что отдельные структурные элементы при проектировании и строительстве считались эффективными. К примеру, чтобы сделать работу очистных сооружений воды или сточных вод более эффективной, предварительно отдельные этапы должны быть смоделированы и оптимизированы, а их последовательность и связи должны соответствовать реальным условиям СВВ, которые имитируют оборудование, основные технологические процессы и операции. Следует отметить, что традиционная дисциплина «Автоматизация СВВ», которая должна обеспечивать компетенции в области регулирования пара-

метров технологических процессов, в объеме вариативной подготовки бакалавров по водоснабжению и водоотведению занимает всего 2%, а в общем объеме программы бакалавриата менее 1%, что неизбежно вызывает невозможность передачи всех необходимых компетенций обучающимся для обеспечения эффективных методов управления при работе на производстве.

Устаревшие, нерегулируемые и плохо регулируемые работающие СВВ могут неправильно функционировать, потреблять много ресурсов и энергии, а также являться экологически небезопасными. При проектировании, строительстве новых СВВ или при модернизации существующих большое количество ресурсов и энергии может быть сохранено, а также обеспечена экологическая безопасность при реализации надлежащего проекта, грамотном выборе технологических процессов и компонентов оборудования. При эксплуатации СВВ для надежности, технической и экологической безопасности, ресурсо- и энергосбережения определяющую роль играют высоко квалифицированный персонал, который обеспечивает оптимальные параметры технологических процессов, а также необходимые параметры и режимы управления всех систем. Эти режимы, как правило, проходят в фоновом режиме, результаты которых не сразу заметны. Хотя процессы контроля и управления параметрами, такие как уровни заполнения, температура, давление, скорости потоков, результаты химических и биологических анализов и т. д., имеют большое значение. Без подготовленного инженерно-технического персонала наличие разработок по наилучшим доступным технологиям не позволяет реализовать их преимущества. Экономия, улучшенное качество и безопасность для персонала сооружений и оборудования достигается при помощи контроля процесса на основе системы сбора и обработки данных. В настоящее время СВВ сталкиваются с проблемами эффективного извлечения и оперативной обработки полезной информации из данных эксплуатации. Основой реализации современных систем управления энергопотреблением, технической и экологической безопасностью является высококвалифицированный и мотивированный персонал, который осознает важность этих проблем и готов решать все требуемые задачи, а также обеспечить необходимые мероприятия для их решения.

## Пути решения проблем кадрового обеспечения

В современных инженерных системах для обеспечения высокого качества реализации технологических процессов применяются методы интеллектуального управления. Такие методы основываются на новых идеях в теории управления, на современных аппаратных и программных средствах компьютерной техники, а также на инновационных подходах к синтезу систем управления. Внедряя современные инструменты управления технологическими процессами СВВ, может быть создана технологическая концепция, которая включает измеримые цели и критерии, а также конкретные меры их достижения.

В множестве технических, технологических и экологических параметров системы водоснабжения приоритетными являются качество и стоимость питьевой воды, производительность системы водоснабжения, удельные энергозатраты и другие. Для систем водоотведения приоритетными являются качество и стоимость очищенной сточной воды, количественные параметры сброса, удельные энергозатраты и другие. Эти параметры являются критериями оптимизации, а большинство других непосредственно влияют на значения выбранных критериев. Оптимальными технологическими моделями СВВ станет такая совокупность реализуемых технологий, которая обеспечивает значение хотя бы одного критерия лучше предельно достижимого, а остальных – не хуже предельно достижимых. Раздельное рассмотрение критериев технологических процессов позволяет достичь рациональных значений параметров СВВ, но оптимальные параметры можно получить только при совместном рассмотрении критериев. Построение всех связей между параметрами СВВ и критериями, их совместный анализ и синтез позволяет разрабатывать оптимальные технологические процессы для водохозяйственного комплекса.

В последнее десятилетие в международной среде специалистов по управлению водными ресурсами формируется новое направление подготовки специалистов – акватроника (Aquatronics), которое синергетически интегрирует классические дисциплины: “Механика и строительство”, “Автоматизация и информационные технологии”, “Электротехника и электроника”, “Химия и физика”, “Биология”, а также общие вопросы, такие как “Коммерция”, «Экономика»,

“Охрана окружающей среды, здоровья и управление безопасностью”, с целью внедрить основные принципы современной методологии образования. Термин «Акватроника» («Aquatronics») введен из комбинации слов [3]:

*«АКВАТРОНИКА» = «АКВА» + «элекТРОНИКА»*

Акватроника – область науки и техники, основанная на системном объединении знаний в различных областях науки и техники, которая позволяет совершить качественный скачок в создании технологических процессов новых поколений и в производстве новейших видов систем и оборудования для рационального использования водных ресурсов. Объединение компетенций в области комплекса наук о водных ресурсах и их использовании с компетенциями в области компьютерной инженерии необходимо для эффективного использования современных технологий в качестве полезного инструмента для решения технических проблем в водохозяйственном комплексе.

Целью акватроники является создание интеллектуальных систем и процессов для управления водными ресурсами, обладающих качественно новыми функциями, свойствами и возможностями на основе общих тенденций развития современной науки и техники.

Основой метода акватроники является синергетическое объединение структурных элементов, технологий, энергетических и информационных потоков для достижения единой цели по управлению водными ресурсами, как это показано на рисунке 1. Внедрение современного методологического подхода акватроники по синергетическому объединению составляющих элементов направлено на достижение единой цели, а система подготовки кадров на ее основе обеспечивает качественно новые компетенции для высокого качества управления водными ресурсами.

Акватроника как комплексное научно-техническое направление находится в стадии становления, ее терминология, границы и объекты профессиональной деятельности специалистов, их классификационные признаки еще устанавливаются и уточняются. На нынешнем этапе первостепенное значение имеет описание сущности принципов построения и тенденций развития акватроники для технологических процессов СВВ с автоматическим компьютерным управле-



Рисунок 1  
Структурная схема акватроники.

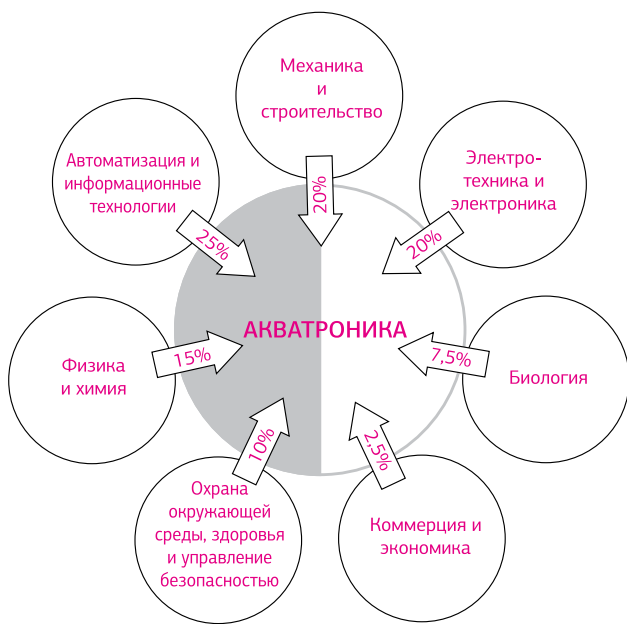


Рисунок 2  
Долевое участие интегрируемых дисциплин в %.

нием. Соответствующие семантические понятия и определения акватроники со временем определяются. В наиболее общем виде акватронику можно рассматривать как комплексную систему автоматизации СВВ, независимо от того, относится она к забору пресной воды с поверхностных и подземных источников, работе насосных станций, резервуаров чистой воды, очистных

сооружений СВВ для различных потребителей. Автоматизация технологических процессов в СВВ является самостоятельным компьютерным комплексом, который управляется соответствующим аппаратным и программным обеспечением на основе эксплуатационных параметров и заданных, либо желаемых критериев эффективности. На стадии проектирования в результате математического моделирования определяются оптимальные параметры работы всех компонентов СВВ с учетом условий минимального потребления ресурсов, энергии, а также с обеспечением требуемых условий надежности, технической и экологической безопасности.

На рисунке 2 показаны необходимые ресурсы для акватроники как направления кадрового обеспечения водохозяйственного комплекса в виде долевого участия интегрируемых дисциплин, которые показаны в материалах фирмы «ФЕСТО» (Германия) [3].

Акватроника как научно-техническое направление служит основой для всех видов профессиональной деятельности, так как позволяет объединить основные профессии и специалистов, связанных с водой и сточными водами, для жилищно-коммунального хозяйства, промышленности и сельского хозяйства. Важность акватроники как направления кадрового обеспечения будет возрастать из-за глобального спроса на специалистов в области водных ресурсов, что создаст отличные возможности для трудоустройства специализированных техников и инженеров (бакалавров).

Акватроника представляет концептуальный подход в построении технологических процессов управления водными ресурсами как единого комплекса сооружений, электромеханических, пневматических, гидравлических, электронных элементов, датчиков состояния внешней среды и самого объекта, в том числе различной физической природы, источников энергии и исполнительных механизмов, средств компьютерной техники, между которыми осуществляется постоянный динамический обмен энергией и информацией, объединенный общей системой автоматического управления, обладающей элементами искусственного интеллекта. Аппаратное объединение в акватронике различных элементов СВВ в единые технологические модули дополняется разработкой интегрированного программного обеспечения, которое должно обеспечивать

непосредственный переход от замысла проектируемой системы через ее математическое моделирование к эффективному управлению технологическими процессами в реальном времени. Синергетический характер интеграции составляющих элементов в объектах акватроники обеспечивает совместное действие, направленное на достижение единой цели. Принципиально важно, что в методологии акватроники энергетические и информационные потоки не просто дополняют друг друга, а объединяются таким образом, что образованная система и технологические процессы обладают качественно новыми свойствами, направленными на достижение единой цели по повышению эффективности использования водных ресурсов и энергии, повышению технической и экологической безопасности.

## Опыт создания учебного центра по акватронике

Практическое обучение в лабораториях, оснащенных специальным оборудованием, поддерживает синергетическое сочетание различных предметов, создает системное представление в проектировании, при вводе в рабочее состояние, при эксплуатации, обслуживании и ремонте современных объектов и их компонентов. Компания ФЕСТО является мировым лидером в области разработки учебных центров в различных направлениях техники и технологий, которые соответствуют требованиям действующих стандартов и директив. Аппаратное обеспечение и информационные средства обучения ФЕСТО отвечают самым современным дидактическим требованиям и соответствуют уровню современных технологий, в том числе по направлению акватроники, которыми оснащаются мировые учебные центры только с 2014 года.

Научно-образовательный центр по направлению акватроники – Акватроник Фесто Центр (НОЦ АФЦ) создан в 2015 году в Академии строительства и архитектуры в рамках программы развития Крымского Федерального университета им. В.И. Вернадского впервые в Российской Федерации. Целью создания НОЦ АФЦ было внедрение практически ориентированных методов обучения и исследований основных процессов и технологий водоснабжения и водоотведения на основе современных учебных систем и компонентов «ФЕСТО» для подготовки и переподготовки высококвалифицированных специалистов отрасли, а также для разра-

ботки и трансфера инновационных технологических процессов и оборудования [4-6]. Общий вид оборудования НОЦ АФЦ представлен на рисунке 3а. Учебные компоненты, гидравлическое оборудование, современная аппаратная база, алгоритмы управления и оптимизации оборудования НОЦ АФЦ обеспечивают практическую направленность обучения и позволяют моделировать весь цикл водопользования системы водного хозяйства с имитацией основных технологических процессов сбора, очистки, транспортировки, распределения воды и сточных вод. Этот комплекс является официальным оборудованием, на котором проводятся соревнования по компетенции «Акватроника» в рамках WorldSkills.

Основой специального оборудования НОЦ АФЦ являются природоохранные дидактические системы – «Управление водными ресурсами», имитирующие оборудование и основные процессы водоснабжения и очистки сточных вод [7]. Компоненты учебного комплекса оборудования НОЦ АФЦ построены по модульному принципу и позволяют изучить все основные технологические процессы СВВ, параметры и характеристики режимов работы, а также позволяют моделировать различные ситуации с использованием разных параметров и состояний систем.

Основными модулями системы управления водными ресурсами являются:

- станция очистки воды [8];
- станция водоснабжения [9];
- станция транспортировки сточных вод [10];
- станция очистки сточных вод [11].

Эти четыре системы могут использоваться индивидуально или соединяться трубопроводами друг с другом. Практически ориентированные методы обучения основаны на моделировании всего цикла водопользования системы водного хозяйства. Компоненты станций связаны между собой гидравлическими, пневматическими, электрическими соединениями, электронными комплектующими, а также специальным программным обеспечением. Управление осуществляется с помощью специальных контроллеров и программного обеспечения



а)



б)

Рисунок 3

Научно-образовательный центр Акватроник Фесто Центр:

а - общий вид стендового оборудования; б – лабораторная работа по водоснабжению.

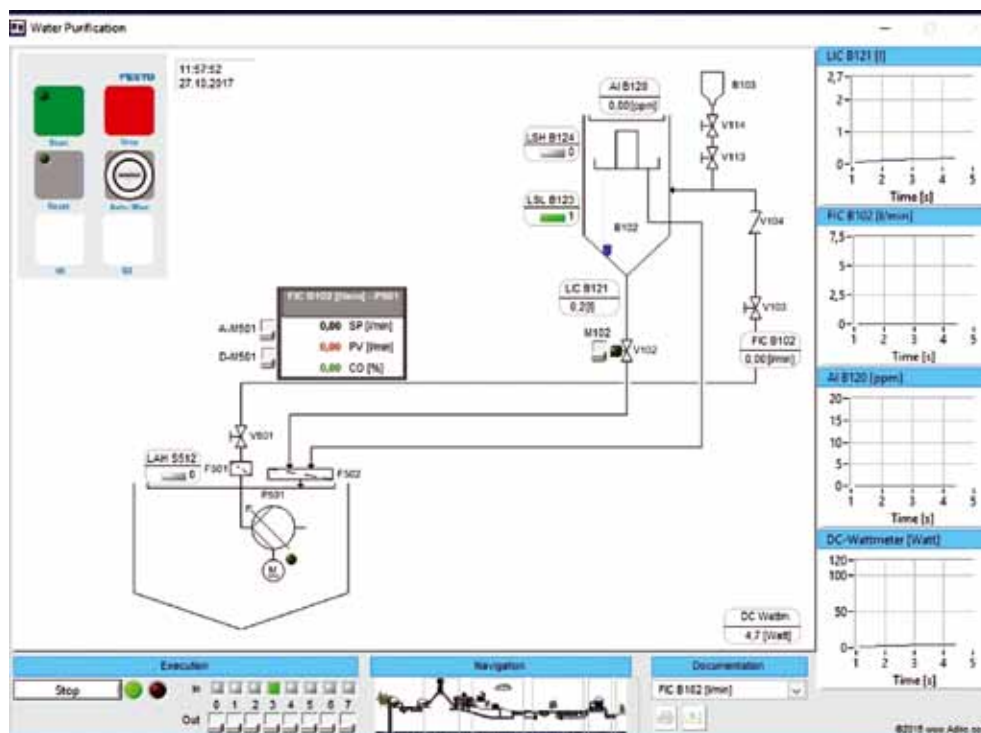
“FluidLab® Water Management”, а также системы SCADA, которые обеспечивают компьютерное сопровождение всех лабораторных работ при совместной, либо раздельной работе модулей. На экран монитора выводится принципиальная схема станции и все параметры, которые могут изучаться модуле, как показано на рисунке 4. Для управления и визуализации работы всего учебного комплекса, либо отдельного модуля или каждой отдельной станции установлен интерфейсный модуль, который совместим со стандартным программным обеспечением FluidSim-H, FluidLab-H, LabView, C++ и VisualBasic. Все

источники электроснабжения имеют приборы контроля энергопотребления. Так как все компоненты станций в значительной степени соответствуют реальности и по функциональности, и по дизайну, то проведение упражнений на экспериментальной установке позволяет добиться хороших результатов и приобрести практический опыт.

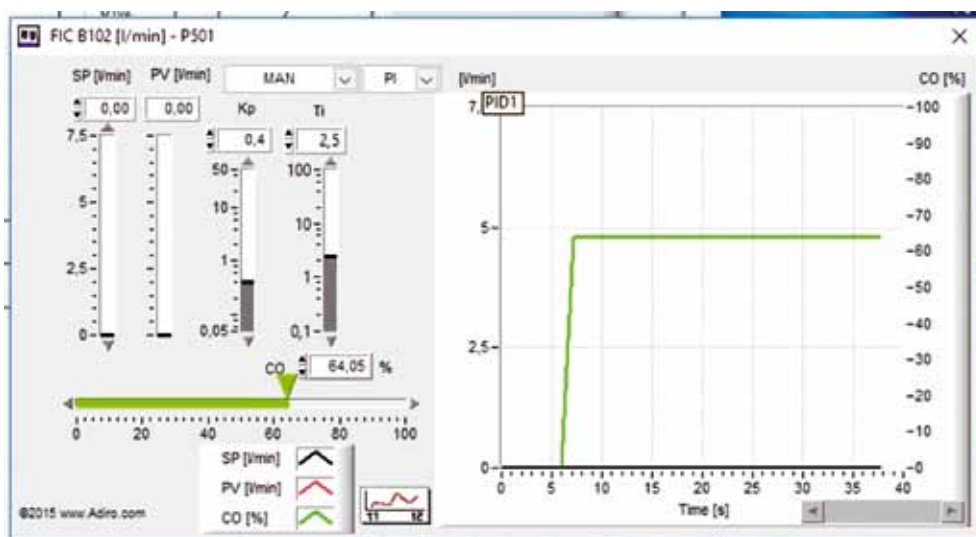
Важными компонентами оборудования НОЦ АФЦ является наличие дополнительных специальных модулей «Контроль, управление и оптимизация операций» [12] и «Оптимизация энергопо-

требления на водопроводных и канализационных очистных станциях» [13]. В первом модуле приведены основные методы контроля, регулирования и управления техническими системами, а во втором модуле - энергетической оптимизации представлены наиболее важные методы повышения энергетической эффективности на всех стадиях работы СБВ, позволяющие уменьшить потребление энергии и ресурсов за счет опти-

мизации режимов работы. Специальный модуль комплекса НОЦ АФЦ позволяет выполнять моделирование по технологии управления работой гидравлических и аэродинамических машин. Изучение модулей контроля, управления и оптимизации энергопотребления позволяет разрабатывать энергетическую концепцию оптимизации СБВ, которая устанавливает измеримые цели и конкретные меры их достижения.



а)



б)

Рисунок 4

Изображения с экрана монитора управляющего компьютера:

а – принципиальная схема стенда, б – экран рабочих параметров компонентов модуля.



Создание НОЦ АФЦ позволило внедрить практически ориентированные методы изучения и исследования основных процессов и технологий водоснабжения и водоотведения при проведении лабораторных занятий, практических работ бакалавров и магистров по направлениям подготовки 08.03.01 и 08.04.01 «Строительство», по профилю водоснабжение и водоотведение, магистерской программе водоснабжение и водоотведение на современном учебном оборудовании с применением инновационных образовательных технологий. Учебные системы и компоненты НОЦ АФЦ также являются материально-технической основой для повышения квалификации и переподготовки специалистов отрасли.

В 2016 году выполнено дооснащение НОЦ АФЦ двумя новыми модулями компании ФЕСТО по технологическим процессам очистки питьевых вод, которые позволяют моделировать очистку воды на песчаных и мембранных фильтрах [14, 15]. Станция песчаного фильтрования предназначена для изучения и моделирования процессов отделения взвешенных веществ при прохождении воды через фильтрующие слои песка и гравия с различной крупностью. Управление процессом фильтрования настраивается на компьютере с помощью прилагаемого программного обеспечения, а визуальный контроль выполняется через прозрачный корпус фильтра. Станция мембранного фильтрования предназначена для изучения и моделирования процессов микрофильтрации и ультрафильтрации, что является очень актуальным в современной водоочистке.

Для расширения и дополнения функциональных возможностей в 2017 году выполняется модернизация НОЦ АФЦ с применением 2-ух установок по очистке сточных вод в биореакторах в аэробных и анаэробных режимах, установках по моделированию нанофильтрации и гиперфильтрации, а также установки ионообмена для очистки питьевой воды, которые производятся компанией EDIBON Int (Испания) [16].

Управление стендами EDIBON осуществляется с помощью специальных контроллеров и программного обеспечения на базе среды графического программирования LabView. Специальной разработкой компании для учебных стендов является система SCADA, которая представляет собой открытую, многофункциональную систему управления в режиме реального времени. Система может контролировать все множество датчи-

ков и регуляторов одновременно задействованных в технологическом процессе. Все элементы управления установками постоянно контролируются с компьютера, без необходимости внесения изменений в схему подключения во время проведения исследований, а параметры технологических процессов визуализируются единовременно. Наличие открытого контроля в системе позволяет вносить изменения в программную часть.

Технологический процесс можно контролировать в любое время таким образом, что изменения любого параметра, согласно заложенным формулам, могут быть подробно проанализированы. Важной особенностью учебных систем является возможность дополнительного использования для дистанционного образования облачной технологии EDIBON Cloud Learning (ECL), которая позволит обучающимся и исследователям работать с установками удаленно, находясь в любой точке за пределами университета, в другом городе или даже стране. Облачные технологии дают возможность непосредственно сотрудничать с предприятиями отрасли, а также учебными заведениями. Еще одним достоинством системы SCADA является возможность применения системы SCADA-Net (SN), которая заключается в интеграции компьютерных версий установок EDIBON в локальную сеть в различных исследовательских центрах. Эта система позволяет просматривать и контролировать несколько различных лабораторных установок удаленно, с любого компьютера, интегрированного в эту локальную сеть, через компьютер, подключенный к устройству. Кроме того, число возможных пользователей, которые могут одновременно работать с одной и той же единицей оборудования гораздо выше, чем при обычном способе работы, и может достигать нескольких десятков исследователей. Система SN позволяет собрать во время процесса исследований и одновременно визуализировать все результаты, полученные на различных единицах оборудования.

Дооснащение и модернизация НОЦ АФЦ создает возможность выполнения комплекса научно-исследовательских работ по моделированию и экспериментальной очистке питьевой воды и доочистке сточных вод на современном оборудовании. Это обеспечит внедрение полученных результатов в учебный процесс при выполнении научно-исследовательской части магистерских диссертаций для направления подготовки 08.04.01 «Строительство» магистер-

ской программы водоснабжение и водоотведение, а также при подготовке научных кадров аспирантуры направления подготовки 08.06.01 «Техника и технологии строительства», по специальности 05.23.04 – «Водоснабжение, канализация, строительные системы охраны водных ресурсов».

Внедрение методологии новой области знаний акватроники соответствует положениям Водной стратегии Российской Федерации, а также Федеральной целевой программе по развитию водохозяйственного комплекса, так как является перспективным направлением развития профильного образования, которое соответствует современным требованиям целостной практически ориентированной подготовки обучающихся для водохозяйственного комплекса. Внедрение новых направлений обучения и переподготовки в новой области знаний – акватронике для кадрового обеспечения водохозяйственного комплекса позволяет решать его проблемы на уровне, который соответствует современным требованиям целостного представления водных ресурсов, энергоэффективности, надежности, технической и экологической безопасности [17].

## Выводы

Одним из путей объединения усилий для формирования качественно нового подхода к охране водных ресурсов в соответствии с совре-

менными требованиями экологической безопасности и экологическими стандартами, с обеспечением интегрированного управления является кадровое обеспечение водохозяйственного комплекса на основе совершенствования системы управления подготовкой кадров, переоснащения учебно-лабораторной базы образовательных учреждений, формирования новых направлений и специальностей.

Новая область науки и техники – акватроника основана на методологии системного объединения знаний в различных областях науки и техники, которые связывают достижения в современных электронных и компьютерных системах с созданием и внедрением оборудования, технологических процессов новых поколений для рационального использования водных ресурсов.

Реализация образовательной деятельности в области акватроники на базе НОЦ АФЦ позволила создать современный образовательный и научно-исследовательский инновационный комплекс, обеспечивающий международный уровень кадрового обеспечения водохозяйственного комплекса, на основе практически ориентированной подготовки, переподготовки и повышения квалификации специалистов по водоснабжению и водоотведению.

## Литература:

1. Резолюция Всероссийского водного Конгресса. Электронный ресурс: режим доступа <https://watercongress.ru/> (дата обращения 22.10.2017 г.)
2. Постановление Правительства РФ от 19.04.2012 N 350 (ред. от 31.05.2017) "О федеральной целевой программе "Развитие водохозяйственного комплекса Российской Федерации в 2012 - 2020 годах" Электронный ресурс: режим доступа <http://docs.cntd.ru/document/902343713> (дата обращения 22.10.2017 г.)
3. Turnkey Projects – for Science technology and education. // Festo Didactic Global Project Solutions DC-ES. - Germany, 2013. 18 p.
4. Николенко И.В., Салиев Э.И. Моделирование систем водоснабжения и водоотведения с применением учебного оборудования «Акватроник Фесто Центр»// Материалы IX международной научно-практической конференции «Строительство в прибрежных регионах», 23 – 27 мая 2016 г., Сочи, С. 187 – 191.
5. Николенко И.В., Салиев Э.И., Крымов Р.С. Применение модуля энергетической оптимизации Акватроник Фесто Центр для повышения энергоэффективности систем водоснабжения и водоотведения// Строительство и техногенная безопасность. Сб. научных трудов АСИА. – Симферополь, 2016. – вып. 57. – С. 67 – 76.
6. Николенко И.В. Акватроника - эффективный путь управления водными ресурсами// Материалы I Всероссийской междисциплинарной научно-практической конференции «Крымская инициатива – экологическая безопасность регионов», 5 – 7 октября 2017, Симферополь. - С. 96 – 99.
7. T. Schwab, M. Groß, J. Strittmatter. EDS® - Water Management// Festo Didactic GmbH & Co. KG. - Denkendorf, Germany, 2013. 81 p.
8. Water treatment /M. Groß, Ch. Klippstein, P. Maurer, Y. Salazar, T. Schwab, K. Treffry-Goatley, J. Voortman, Ch. Wehlers// Festo Didactic GmbH & Co. KG. - Denkendorf, Germany, 2013. 48 p.
9. Water supply /M. Groß, P. Maurer, Y. Salazar, T. Schwab, K. Treffry-Goatley, Ch. Wehlers// Festo Didactic GmbH & Co. KG. - Denkendorf, Germany, 2013. 76 p.
10. Wastewater disposal/ M. Groß, Ch. Klippstein, P. Maurer, Y. Salazar, T. Schwab// Festo Didactic GmbH & Co. KG. - Denkendorf, Germany, 2014. 48 p.
11. Wastewater treatment / M. Groß, Ch. Klippstein, P. Maurer, Y. Salazar, T. Schwab, K. Treffry-Goatley, J. Voortman// Festo Didactic GmbH & Co. KG. - Denkendorf, Germany, 2014. 68 p.
12. Monitoring, controlling and optimising operations/ M. Groß, Y. Salazar, T. Schwab, J. Strittmatter// Festo Didactic GmbH & Co. KG. - Denkendorf, Germany, 2013. 62 p.
13. Energy optimisation in water and wastewater treatment plants/ M. Groß, P. Maurer, Y. Salazar, T. Schwab, J. Strittmatter// Festo Didactic GmbH & Co. KG. - Denkendorf, Germany, 2014. 100 p.
14. Rapid sand filtration/ P. Maurer, Y. Salazar, Th. Schwab, Z. A. Shariff// Festo Didactic GmbH & Co. KG. - Denkendorf, Germany, 2015. 54 p.
15. Membrane filtration// K. Treffry-Goatley, Ch. Wehlers, P. Maurer, Th. Schwab, Z. A. Shariff // Festo Didactic GmbH & Co. KG. - Denkendorf, Germany, 2015. 62 p.
16. Нововведения в инженерно-техническом образовании/Основной каталог EDIBON. Электронный ресурс: режим доступа: <http://www.edibon.com/ru/area/130-environment/132-environment-water-treatment> (дата обращения 02.11.2017 г.)
17. Николенко И.В. Акватроника – взгляд в будущее// Тезисы четвертой Крымской международной конференции «Методология безопасности среды жизнедеятельности», 25 - 29 сентября 2017, Симферополь. - С. 59 – 60.