

Автоматизированная система диагностического контроля гидротехнических сооружений Бурейской ГЭС

Александр Мусюрка

В статье представлены проектные, аппаратные и программные решения, выработанные при разработке и вводе в эксплуатацию автоматизированной системы диагностического контроля гидротехнических сооружений (АСДК ГТС) Бурейской ГЭС и обеспечивающие надёжный процесс мониторинга состояния ГТС. Предложенные подходы могут быть типовыми для решения актуальных задач диагностики гидротехнических сооружений.

Безопасность на гидротехнических сооружениях

В последние годы мировые тенденции в области обеспечения безопасности гидротехнических сооружений направлены на поиск технических решений, позволяющих при соблюдении всех требований к составу и количеству наблюдений обеспечивать более оперативный, информативный, качественный и надёжный контроль. К таким решениям можно отнести внедрение автоматизированной системы диагностического контроля на Бурейской ГЭС.

Бурейская гидроэлектростанция расположена в Амурской области на реке Бурей. Строительство станции было начато ещё в период существования СССР, а завершилось уже в современной России. В период экономического упадка в стране, выпавший на 90-е годы прошлого века, стройка была практически заморожена. После возобновления работ по возведению ГЭС некоторые проектные решения были пересмотрены с учётом применения новейших технологий строительства и эксплуатации гидроузла. И сейчас можно с уверенностью утверждать, что Бурейская ГЭС является безопасной и надёжной станцией, чьи характеристики превосходят самые жёсткие требования к объектам подобного рода.

В соответствии с требованиями Федерального закона «О безопасности гидротехнических сооружений» от 21.07.1997

№ 117 собственник обязан выполнять меры по обеспечению мониторинга показателей состояния гидротехнического сооружения (далее ГТС) и на основании полученных данных осуществлять оценку безопасности ГТС. Инструментальный контроль технического состояния ГТС на Бурейской ГЭС до недавнего времени осуществлялся преимущественно ручными методами. Поднять на совершенно иной уровень процесс надзора за режимом работы и состоянием ГТС позволило внедрение системы, автоматизирующей процедуру опроса контрольно-измерительной аппаратуры, обработки, хранения и предоставления полученной информации (рис. 1). С начала 2015 года на Бурейской ГЭС запущена в эксплуатацию автоматизированная система диагностического контроля гидротехнических сооружений (далее АСДК ГТС). Согласно общепринятому определению АСДК ГТС – это система автоматического опроса дистанционной контрольно-измерительной аппаратуры, установленной на сооружении, одновременно сравнивающая полученные результаты с критериями безопасности, на основании

чего автоматически диагностируется состояние сооружений. АСДК ГТС Бурейской ГЭС представляет собой уникальный во многих смыслах программно-технический комплекс, сочетающий в себе использование оригинальных технических решений, применение как уже проверенных, так и новых, современных технологий, а также доступный для среднестатистического пользователя персонального компьютера человек-машинный интерфейс.

Диагностический контроль гидротехнических сооружений на Бурейской ГЭС

Бурейская ГЭС стала стартовой площадкой для разработки и последующего первого внедрения АСДК ГТС организацией ОАО «ВНИИГ им. Веле-

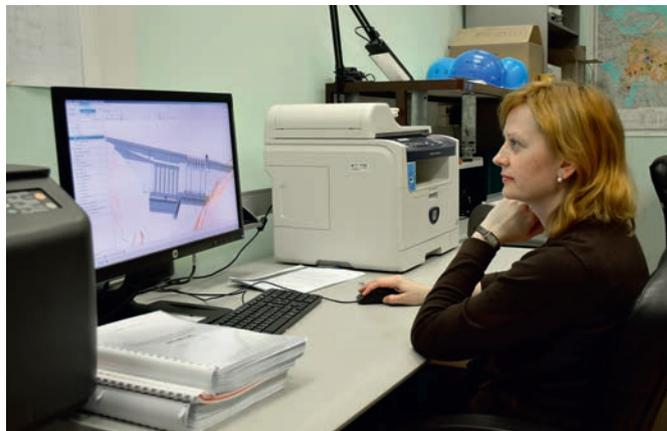


Рис. 1. Специалист работает с результатами автоматизированного опроса КИА

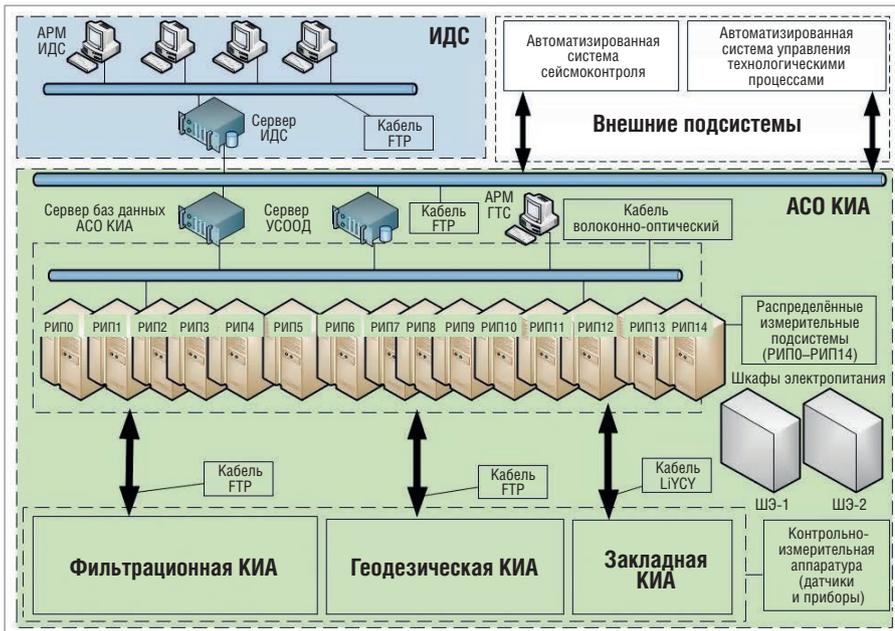


Рис. 2. Структурная схема АСДК ГТС Бурейской ГЭС

неева» — одного из крупнейших научных центров России в области гидротехнического строительства. Исходными данными для проектирования послужили данные по натурным наблюдениям за сооружениями Бурейской ГЭС, проектная и научно-техническая документация, исполнительные схемы размещения и установки контрольно-измерительной аппаратуры (далее КИА), а также техническая документация на оборудование.

Функциональные возможности АСДК ГТС позволяют ей реализовывать следующие задачи:

- автоматизированный опрос датчиков КИА, установленных на гидротехнических сооружениях и в здании ГЭС;
- обработка данных, полученных от датчиков КИА, и представление их в виде нормированных значений;
- сравнение полученных данных с критериями безопасной эксплуатации ГЭС;
- выдача предупреждающих сообщений о нарушении критериев безопасной эксплуатации ГЭС в АСУ ТП Бурейской ГЭС;
- создание долговременных архивов на серверном оборудовании;
- отображение информации о состоянии гидротехнических сооружений Бурейской ГЭС на экране мониторов автоматизированных рабочих мест (далее АРМ) службы мониторинга ГЭС в виде таблиц, графиков, трендов, трёхмерных моделей;
- внеочередной опрос датчиков КИА по сигналу автоматизированной системы сейсмического контроля (АССК) или

инициативе персонала службы мониторинга Бурейской ГЭС;

- интеграция с внешними автоматизированными системами Бурейской ГЭС;
- отображение информации самодиагностики о работоспособности системы и наличии связи с внешними подсистемами.

АСДК ГТС представляет собой систему, состоящую из двух взаимодействующих подсистем (рис. 2):

- нижний уровень, или АСО КИА — автоматизированная система опроса КИА;
- верхний уровень, или ИДС «Дедал» — информационно-диагностическая система контроля безопасности гидротехнических сооружений гидроузла.

Задачи, решаемые системой, чётко распределены между составляющими её подсистемами, однако некоторые особо важные, такие как хранение долговременных архивов, дублируются на всех уровнях.

Подсистема АСО КИА

Подсистема АСО КИА реализована на базе комплекса программных и технических средств и выполняет задачи автоматизации проведения инструментальных наблюдений за состоянием ГЭС путём периодического опроса показаний КИА, первичной обработки на сервере УСООД (устройстве сбора, обработки и обмена данными) и хранения полученных результатов измерений на сервере баз данных АСО КИА, а также передачи собранной информации в ИДС для её окончательной обработки и комплекс-

ного анализа состояния ГТС гидроэлектростанции (рис. 3). Также в состав АСО КИА входит АРМ ГТС, позволяющее оператору решать задачи параметризации и контроля работы датчиков и приборов. Технической платформой АРМ ГТС служит персональный компьютер, отвечающий требованиям вычислительной мощности. На АРМ ГТС установлено прикладное программное обеспечение АСО КИА (разработка ЗАО «Фирма ЭПРО»), представляющее собой комплекс программных подсистем, функционирующих под управлением операционной системы Windows 7.

В состав технических средств АСО КИА входят распределённые измерительные подсистемы (далее РИП), территориально-распределённые по помещениям в галереях плотины, а также два обрабатывающих сервера. Каждый комплект РИП обеспечивает сбор данных о значениях выходных сигналов с датчиков и приборов и передачу их в оцифрованном виде в локально-вычислительную сеть для дальнейшей обработки на серверах. РИП изготовлены в различных вариантах исполнений, отличающихся друг от друга количеством монтажных единиц (шкафов), измерительных каналов, количеством и типом коммутационных портов. Используемая модульная структура РИП позволяет наращивать количество точек измерений. Всего в АСДК ГТС используется пятнадцать РИП, территориально-распределённых по помещениям в галереях плотины. Внутри шкафа РИП смонтированы и налажены следующие технические средства:



Рис. 3. Серверная стойка АСО КИА



Рис. 4. Монтаж оборудования внутри шкафа электропитания

- многоканальный периодомер-частотомер для опроса закладных датчиков;
- терминальный сервер для преобразования интерфейса из RS-485 в Ethernet;
- модуль ввода нормированных сигналов 4...20 мА для опроса фильтрационной КИА;
- модуль ввода дискретных сигналов;
- коммутаторы и медиаконвертеры Ethernet для обеспечения связи по локальной вычислительной сети;
- кроссовая часть.

Оба сервера АСО КИА функционально разведены по направлениям:

- первый – рабочая станция сбора данных – отвечает за опрос РИП;
- второй – сервер баз данных – за хранение архива необработанных данных и передачу их в сервер ИДС.

Локальная вычислительная сеть (далее ЛВС) АСО КИА, объединяющая между собой все РИП и серверы АСО КИА, организована с использованием одномодового оптоволоконного кабеля и соответствующего сетевого оборудования. ЛВС образует резервированное кольцо – технология turbo-ring, обеспечивая высокопроизводительную, надёжную и защищённую от помех связь.

Электропитание всего оборудования АСДК ГТС, находящегося в теле плотины, осуществляется от сети постоянного тока, имеющей напряжение 24 В, что соответствует самым жёстким требованиям электробезопасности, но при этом достаточно для работы оборудования и измерительной аппаратуры. Шкафы электропитания имеют два независимых ввода питания и оборудованы автоматическим вводом резерва (рис. 4). Рядом с каждым шкафом электропитания смонтированы источники бесперебойного питания по 30 А·ч, которые позволяют оборудованию работать не менее получаса, даже если пропадёт питание сразу по двум вводам.

ИНФОРМАЦИОННО-ДИАГНОСТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ

В состав верхнего уровня системы входят следующие технические средства:

- сервер ИДС;
- автоматизированные рабочие места (АРМ) пользователей;
- локальная вычислительная сеть, объединяющая между собой АРМ и сервер ИДС.

АРМ пользователя, реализованное на базе персонального компьютера, является средством доступа к результатам измерений и вычислений системы. АРМ обеспечивает вывод на экран монитора и в виде твёрдой копии таблиц, графиков, трендов, сообщений о текущем состоянии и отклонениях в работе ГТС

БГЭС, а также ввод результатов ручных измерений и визуальных наблюдений.

Особое внимание при проектировании и реализации системы было уделено разработке программного обеспечения. Прикладное программное обеспечение подсистемы АСО КИА даёт возможность обслуживающему персоналу осуществлять контроль работоспособности комплекса и своевременно реагировать на любые нештатные ситуации. Хранение данных измерений и вычислений обеспечивается используемой СУБД Oracle 11g. Программное обеспечение ИДС представляет собой распределённую многопользовательскую клиент-серверную систему, предназначенную для сбора, хранения и обработки данных о состоянии гидротехнических сооружений, диагностики состояния, визуализации информации. ИДС, являясь составной частью АСДК ГТС, по сути, представляет собой её заключительное звено, обеспечивая диагностику состояния ГТС станции на основе обработки и комплексного анализа данных, полученных от АСО КИА. Для эффективного представления ГТС, его элементов, датчиков и точек визуальных наблюдений в ИДС используется 3D-моделирование, а именно подсистема трёхмерной визуализации.

КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ АППАРАТУРА

Кроме АСО КИА и ИДС функционирование АСДК ГТС обеспечивается комплексом датчиков и приборов КИА (рис. 5). Измерения параметров состояния ГТС ведутся в соответствии с утверждённой программой и графиком наблюдений с момента установки соответствующих приборов (рис. 6). В соответствии с требованиями проекта была автоматизирована закладная (дистанционная), фильтрационная и геодезическая КИА.



Рис. 5. Настройка контрольно-измерительной аппаратуры



Рис. 6. Тестирование измерительных каналов

При выборе автоматизируемых точек измерения были учтены требования программы натуральных наблюдений к составу количественных диагностических показателей, рекомендации ОАО «ВНИИГ им. Веденеева», а также предложения эксплуатирующего персонала. Были автоматизированы 85 точек контроля фильтрационного режима, 21 точка наблюдений геодезическими методами и порядка 900 закладных датчиков.

Для автоматизации фильтрационных измерений были использованы датчики со стандартным токовым выходом 4...20 мА производства челябинского завода «Метран». В их числе:

- пьезометр давления напорный, модель Метран-150, с настраиваемым диапазоном измерений до 6 МПа, предельной допускаемой основной погрешностью 0,075%;
- пьезометр давления безнапорный, погружной, модель Метран-55, с диапазоном измерений до 20 м, погрешностью 0,35%;
- расходомер электромагнитный, модель Метран-370, с диапазоном измерений от 0,2 до 43 м³/ч, с предельной основной относительной погрешностью до 0,5%;

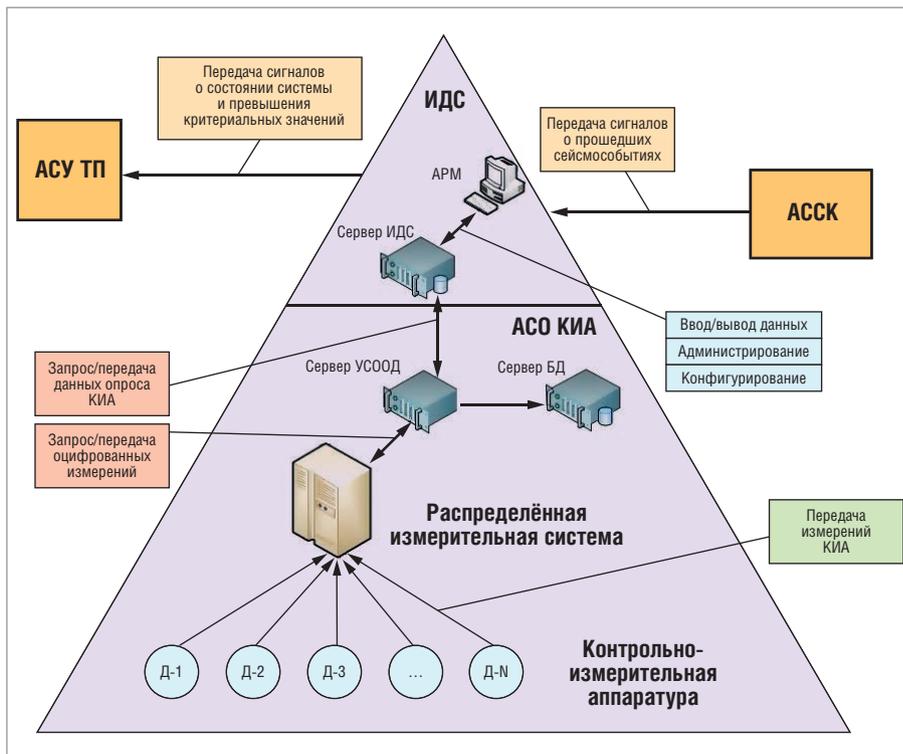


Рис. 7. Функциональная схема АСДК ГТС

- уровнемер радарный, модель Rosemount 5402, с диапазоном измерений от 0,15 до 35 м, с предельной погрешностью до 2 мм;

- термопреобразователь, модель Метран-276, с диапазоном измерений от -50 до +50°C, с погрешностью 0,5%. Геодезическая КИА в рамках автоматизации измерений представлена гидронивелиром, прямыми и обратными

НОВИНКА!

25-ваттные DC/DC-преобразователи Interpoint® MFK Series™



- Широкий диапазон входного напряжения от 16 до 50 В
- Удельная мощность до 2570 Вт/дм³
- 11 значений выходного напряжения от 1,8 до 28 В
- Одно- и двухканальные модели
- КПД до 87%
- Трансформаторная развязка в контуре обратной связи
- Диапазон рабочих температур от -55 до +125°C
- Обширный ряд сервисных функций



ЭКСКЛЮЗИВНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ CRANE ELECTRONICS В РОССИИ



Тел.: (495) 234-0636 • Факс: (495) 234-0640 • info@prosoft.ru • www.prosoft.ru



струнными отвесами. Были использованы следующие приборы:

- измеритель координат струнных отвесов ИКСО-40. Он предназначен для измерения координат струнных отвесов и передачи измеренных данных в АСО КИА для контроля плановых смещений секций плотины. Диапазон измерений ± 40 мм, предел допускаемой среднеквадратической погрешности во всем диапазоне измерений 0,06 мм;
- высотмер геодезический микрометрический ОДГН-1 для измерения превышений. Превышения измеряются относительно горизонтальной линии, в качестве которой выступает уровень жидкости. Измерение величины осадок отдельных секций, блоков сооружений производится высотмером относительно единого уровня рабочей жидкости, заполняющей протяжённый трубопровод гидросистемы (гидронивелир), охватывающий контролируемые блоки. Диапазон измерений $\pm 20,5$ мм, предел допускаемой среднеквадратической погрешности до 0,02 мм.

Геодезические приборы имеют интерфейс RS-485 и выдают результаты изме-

рений в формате цифрового протокола Modbus RTU.

СВЯЗЬ С ВНЕШНИМИ АВТОМАТИЗИРОВАННЫМИ СИСТЕМАМИ

АСДК ГТС Бурейской ГЭС реализует задачу взаимодействия, как между составляющими её блоками, так и с внешними подсистемами (рис. 7). К числу внешних подсистем относятся автоматизированная система управления технологическими процессами (далее АСУ ТП) станции и автоматизированная система сейсмометрического контроля (далее АССК). Обмен данными реализован с использованием механизма SQL-запросов и изолированных каналов связи (технология VLAN) через резервированную сеть. В случае поступления от АССК сигнала о зафиксированном прохождении сейсмособытия заданного порогового уровня АСДК ГТС автоматически проводит внеочередные циклы измерений, обработки и анализа данных. Сигналы о превышении критериальных значений, прохождении сейсмособытий и потери связи с подсистемами АСДК ГТС передаются в общестанционную сигнализацию АСУ ТП.

РЕЗУЛЬТАТЫ ВНЕДРЕНИЯ

Внедрение АСДК ГТС позволило достичь следующих целей:

- повышена точность, надёжность и достоверность результатов натурных наблюдений;
- возросла оперативность контроля и диагностирования состояния ГТС гидроузла; обеспечен постоянный контроль работоспособности КИА в процессе мониторинга состояния ГТС;
- достигнут качественно новый эффект при проведении инструментальных наблюдений (в ряде случаев повышенная частота опроса датчиков по сравнению с ручным опросом КИА позволяет осуществлять регистрацию и анализ нестационарных процессов, связанных с быстрыми изменениями режима работы ГЭС);
- снижены трудозатраты и практически исключены ошибки в процессе опроса КИА и ввода данных в базу данных; повышена производительность и улучшены условия труда персонала ГЭС, занятого натурными наблюдениями и обработкой их результатов.

Стоит отметить, что на некоторых эксплуатируемых ГЭС имеется опыт работы с автоматизированными системами, реализующими задачи мониторинга состояния ГТС, однако, как правило, они функционально ограничены одним видом наблюдений (например, системы, осуществляющие контроль исключительно фильтрационного режима или системы, диагностирующие только закладные датчики и т.п.), к тому же они не решают задачу взаимодействия с внешними подсистемами. Данный опыт был проанализирован и учтён при создании АСДК ГТС.

В настоящее время о работе автоматизированных систем, аналогичных описываемой в статье, автору статьи неизвестно ни по публикациям в открытой печати, ни по результатам командировок и общения с коллегами с других ГЭС.

С точки зрения повышения эффективности и снижения затрат, внедрение новых современных систем автоматизации процесса диагностики ГТС не только экономически эффективно, но и становится необходимым при проектировании новых ГЭС. ●

Автор выражает благодарность за помощь в подготовке данной статьи руководству и специалистам филиала ПАО «РусГидро» – «Бурейской ГЭС», а также сотрудникам ОАО «ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева», ЗАО «Фирма ЭПРО» и ООО «НПК Фаза».

E-mail: musyurka@mail.ru

ПРОМЫШЛЕННЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ



Надежные контрольно-измерительные системы с длительным сроком доступности



- Помехоустойчивые платы аналогового и цифрового ввода/вывода PCI, PCI Express, CompactPCI, ISA
- Модули управления движением
- Коммуникационные платы для локальных сетей с интерфейсами RS-232, RS-422, RS-485
- Интеллектуальные измерительные Ethernet-системы со степенью защиты IP65

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ ADDI-DATA

PROSOFT®

Тел.: (495) 234-0636 • Факс: (495) 234-0640
E-mail: info@prosoft.ru • www.prosoft.ru



Реклама

Безотказный промышленный ПК

Обеспечивает управление и связь для умных фабрик –
теперь и с CoDeSys



Логическое
программирование



Ввод данных,
масштабирование
и обработка



Работа с полевыми сетями
в реальном времени

ADVANTECH

Enabling an Intelligent Planet

Advantech Co., LTD.

Представительство в России

Тел.: +7 (495) 644-0364,

8 (800) 555-0150

(бесплатно по России)

info@advantech.ru

www.advantech.ru

Advantech APAX-5580 – это промышленный ПК для монтажа на DIN-рейку на базе Intel Core i7/i3/Celeron. Он может дополняться различными модулями ввода/вывода, управлять ими в реальном времени, поддерживать связь через различные интерфейсы; обладает резервированным вводом питания и ИБП для обеспечения безотказности.

• Логическое программирование

Поддерживаются языки стандарта IEC 61131-3, включая IL, LD, FBD, SY и SFC.

• Ввод данных, масштабирование и обработка

Большие вычислительные возможности позволяют быстро собирать и обрабатывать данные, передавая их в MES и ERP для принятия дальнейших решений.

• Работа с полевыми сетями в реальном времени

Единая платформа, поддерживающая различные полевые шины, не требует дополнительных шлюзов при работе с периферией различных производителей.



APAX-5580

Промышленный компьютер
на базе Core i7/i3/Celeron:
2xGbe, 2xPCIe, VGA



APAX-5000

Полный набор модулей
ввода/вывода



APAX-5435

Модуль iDoor mPCIe



Программное обеспечение
CoDeSys Control
RTE 3.5 patch 6



PROSOFT®

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ ADVANTECH

МОСКВА
С.-ПЕТЕРБУРГ
АЛМА-АТА
ВОЛГОГРАД
ЕКАТЕРИНБУРГ
КАЗАНЬ
КИЕВ
КРАСНОДАР
Н. НОВГОРОД
НОВОСИБИРСК
ОМСК
САМАРА
УФА
ЧЕЛЯБИНСК

Тел.: (495) 234-0636 • Факс: (495) 234-0640 • info@prosoft.ru • www.prosoft.ru
Тел.: (812) 448-0444 • Факс: (812) 448-0339 • info@spb.prosoft.ru • www.prosoft.ru
Тел.: (727) 329-5121; 320-1959 • sales@kz.prosoft.ru • www.prosoft-kz.com
Тел.: (8442) 260-048 • volgograd@prosoft.ru • www.prosoft.ru
Тел.: (343) 376-2820; 356-5111 • Факс: (343) 310-0106 • info@prosoftsystems.ru • www.prosoftsystems.ru
Тел.: (843) 203-6020 • info@kzn.prosoft.ru • www.prosoft.ru
Тел.: +38 (044) 206-2343; 206-2478 • info@prosoft-ua.com • www.prosoft-ua.com
Тел.: (861) 224-9513 • Факс: (861) 224-9513 • krasnodar@prosoft.ru • www.prosoft.ru
n.novgorod@prosoft.ru • www.prosoft.ru
Тел.: (383) 202-0960; 335-7001/7002 • Факс: (383) 230-2729 • info@nsk.prosoft.ru • www.prosoft.ru
Тел.: (3812) 286-521 • Факс: (3812) 315-294 • omsk@prosoft.ru • www.prosoft.ru
Тел.: (846) 277-9166 • Факс: (846) 277-9165 • info@samara.prosoft.ru • www.prosoft.ru
Тел.: (347) 292-5216/5217 • Факс: (347) 292-5218 • info@ufa.prosoft.ru • www.prosoft.ru
Тел.: (351) 239-9360 • chelyabinsk@prosoft.ru • www.prosoft.ru