

РБМВ 48М

18 ЛЕТ
ОПЫТА

Р СДЕЛАНО
У В РОССИИ



Нагрузочное устройство РБМВ-48М водного охлаждения для проведения серии швартовых испытаний на площадке ФГУП «Атомфлот» в г. Мурманск на номинальную мощность 106 МВт (максимальную мощность 127,2 МВт)



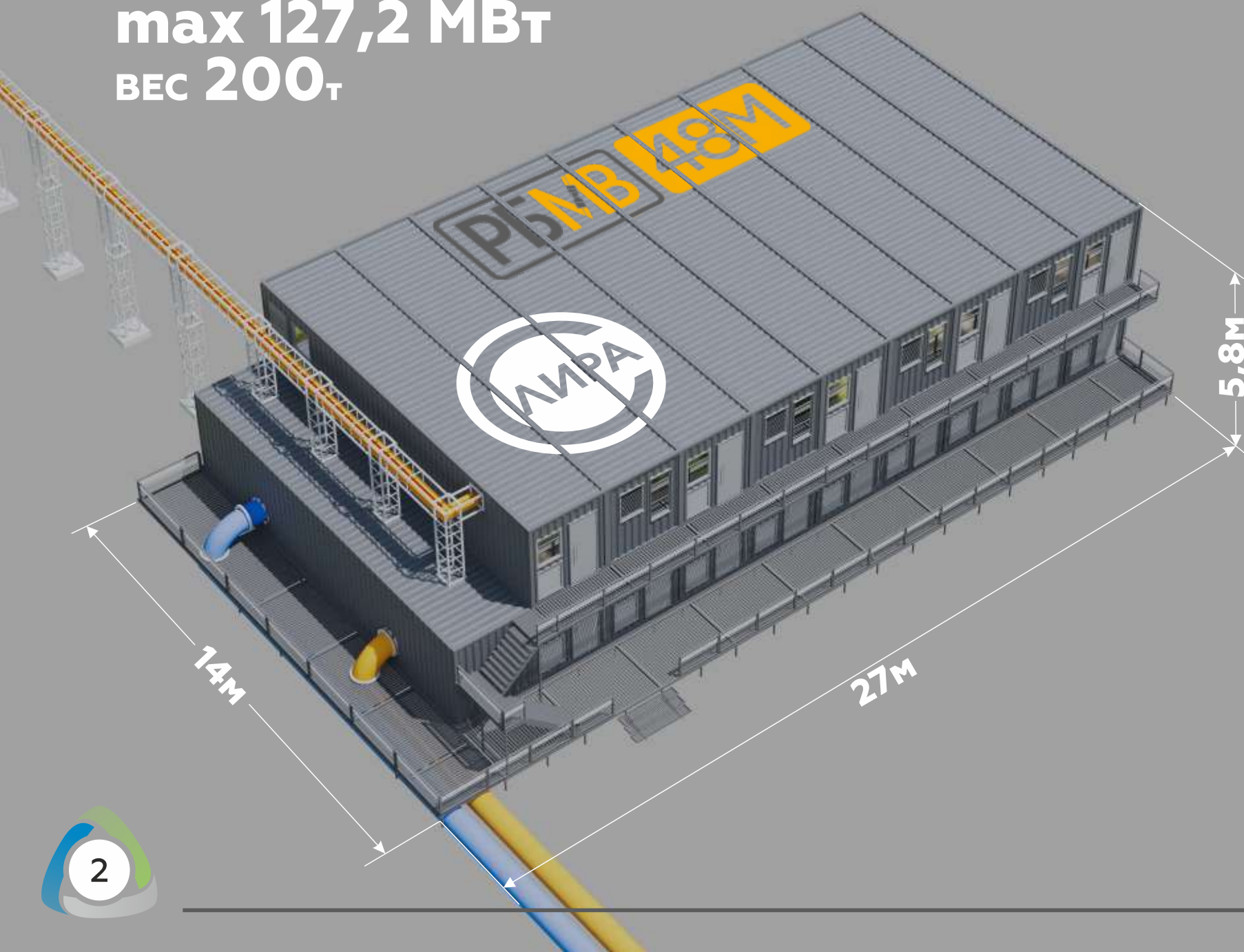
ЛИРА

ОПИСАНИЕ НАГРУЗОЧНОГО УСТРОЙСТВА РБМВ-48М ВОДНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ

Нагрузочное устройство РБМВ-48М водного охлаждения - предназначено для проведения швартовых испытаний плавучих энергоблоков и иных энергетических установок максимальной электрической мощности 127,2 МВт с рабочим трехфазным переменным напряжением до 10,5 кВ или рабочим постоянным напряжением до 15 кВ, шаг регулирования мощности от 100 до 1325 кВт.

Нагрузочное устройство РБМВ-48М имеет следующие габаритные размеры:

S380м²
max 127,2 МВт
ВЕС 200т



ширина вместе с отмошкой – 14 метров

длина вместе с отмошкой – 27 метров

высота – 5,8 метра без учета высоты основания или фундамента.

площадь сооружения без учета зон обслуживания, подъездных путей, водопроводов и кабельных эстакад – 380 м²

общий вес сооружения, заполненного водой - 200 т

максимальны расход охлаждающей воды при мощности 127,2 МВт – 2400 м³/час

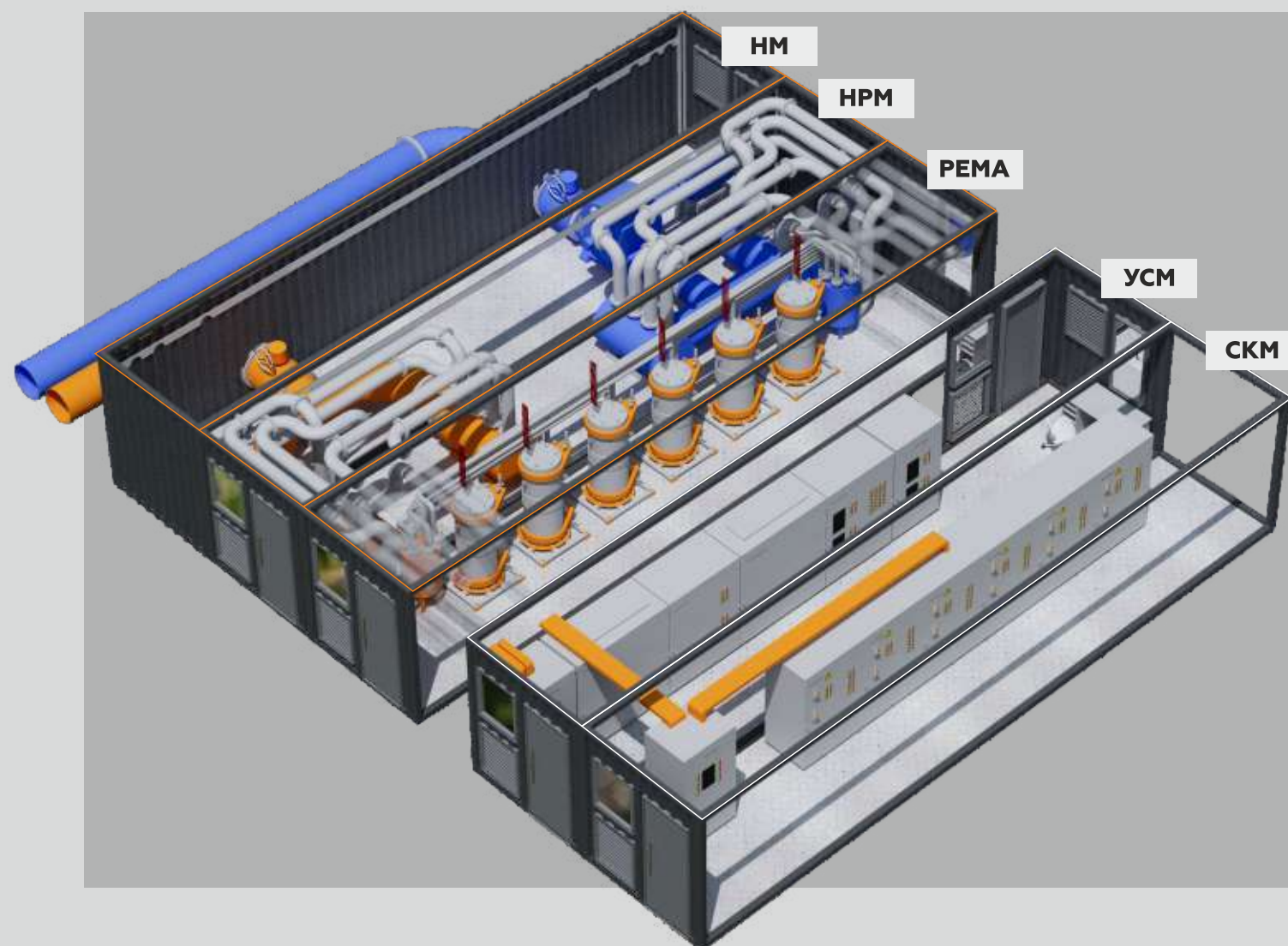
максимальный температура охлаждающей воды на выходе – 65С

диаметр прохода подводящего наружного водопровода 500 мм, материал – изолированная металлическая труба из дуплексной стали с подогревом

диаметр прохода отходящего наружного водопровода 500 мм, материал – изолированная металлическая труба из дуплексной стали с подогревом (при сбросе в природный водоем нагретая вода разбавляется до приемлемых температур для снижения негативного воздействия на окружающую среду)

СОСТАВ НАГРУЗОЧНОГО УСТРОЙСТВА

Нагрузочное устройство РБМВ-48М представляет собой сборное блочно-модульное сооружение, смонтированное на винтовых сваях (фундаменте) или едином металлическом каркасе, собираемое по месту установки из отдельных модулей высокой заводской готовности, выполненных в наружных размерах морского 40-футового контейнера типоразмера High Cube Pallet Wide (HCPW). Нагрузочное устройство состоит из следующих модулей:



СКМ – силовой коммутационный блок-модуль – 8 ед;

РЕМА – резистивный блок-модуль активной нагрузки - 8 ед;

УСМ – управляющий силовой блок-модуль – 1 ед.;

НМ – насосный блок-модуль – 1 ед;

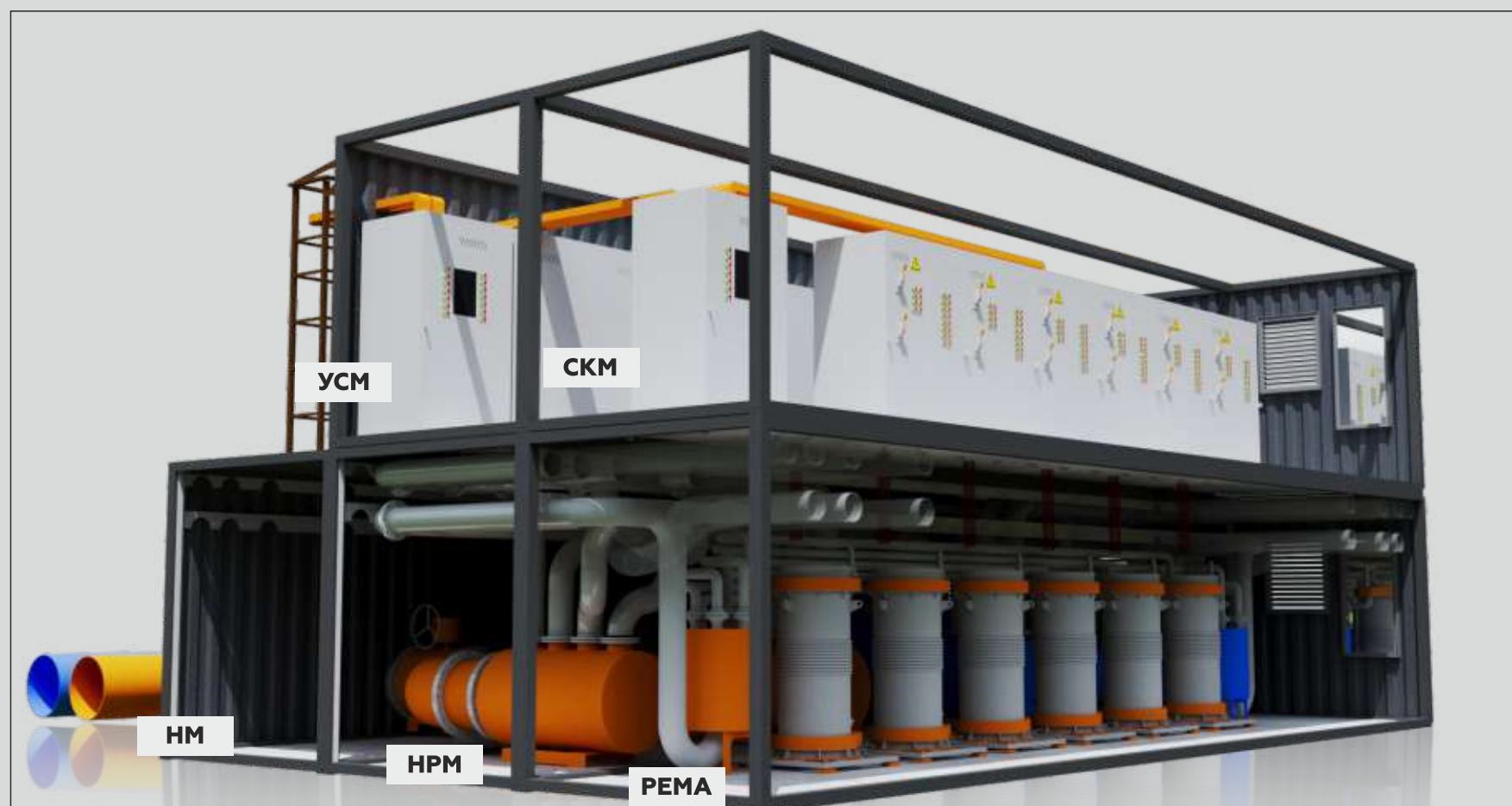
НРМ – насосно-распределительный блок-модуль – 1 йод;

РЕМР – блок-модуль реактивной и емкостной нагрузки типоразмера HCPW – количество и мощность определяются по техническому заданию АО «Атомэнергомаш» при необходимости проведения испытаний с $\cos \varphi < 1$;

Все блок-модули, входящие в состав нагрузочного устройства РБМВ-48М, имеют окна, систему вентиляции, дежурную и аварийную систему освещения, систему автоматического пожаротушения и подогреватели воздуха. Все блок-модули поэтажно имеют сквозные проходы между собой и проходы вдоль оборудования, предусмотрены зоны для обслуживания и ремонта, в комплект поставки входит подъемное оборудование для осуществления замены и ремонта модулей – над каждым модулем РБМВ-1М и в насосном блок-модуле предусмотрены крепежные элементы для фиксации подъемного оборудования. Помещения с силовым высоковольтным оборудованием и системы автоматического управления изолированы от помещений, где находятся водоохлаждаемые модули РБМВ-1М и трубопроводы с охлаждающей водой. В нагрузочном устройстве реализована распределенная отказоустойчивая система управления, состоящая из центрального контроллера, командоконтроллеров, шкафов коммутации и постов местного управления.

ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ И СБОРКА НАГРУЗОЧНОГО УСТРОЙСТВА РБМВ-48М ОПИСАНИЕ

Нагрузочное устройство РБМВ-48М – временное сооружение и имеет блочно-модульную архитектуру и собираются из блоков, выполненных в наружных размерах морского 40-футового контейнера типоразмера High Cube Pallet Wide (HCPW). Нагрузочное устройство РБМВ-48М спроектировано в 3D-системе проектирования SolidWorks, для моделирования прочностных характеристик, построения гидравлических моделей и моделей теплофизических процессов использован пакет Ansys – создан достоверный цифровой двойник нагрузочного устройства. В заводских условиях в Санкт-Петербурге блок-модули собираются в соответствии с назначением по ведомости – монтируется все необходимое оборудование, трубопроводы, кабельные трассы, шинопроводы. Блок-модули высокой заводской готовности в тестовом режиме собираются между собой на производственной площадке ЛИРА-С в целях контроля качества. Перед отправкой заказчику сооружение разбирается, блок-модули подготавливаются для транспортирования и доставляются на площадку ФГУП «Атомфлот» в г. Мурманск. Сборка в г. Мурманск нагрузочного устройства из блок-модулей высокой заводской готовности осуществляется при помощи автомобильного крана. Нагрузочное устройство на площадке можно смонтировать на выровненное твердое основание, бетонный фундамент или единый металлический каркас на винтовых сваях, подводящие и отходящие трубопроводы охлаждающей морской воды, водозаборное устройство и смесительное устройство для сброса нагретой охлаждающей воды монтируются по месту.



СКМ – силовой коммутационный блок-модуль – 8 ед;

РЕМА – резистивный блок-модуль активной нагрузки - 8 ед;

УСМ – управляющий силовой блок-модуль – 1 ед.;

НМ – насосный блок-модуль – 1 ед;

НРМ – насосно-распределительный блок-модуль – 1 йод;

РЕМР – блок-модуль реактивной и емкостной нагрузки типоразмера HCPW – количество и мощность определяются по техническому заданию АО «Атомэнергомаш» при необходимости проведения испытаний с $\cos \varphi < 1$;

РЕЗИСТИВНЫЙ БЛОК-МОДУЛЬ - РЕМА ОПИСАНИЕ И ХАРАКТЕРИСТИКИ

РЕМА имеет в своем составе шесть типовых резистивных модулей РБМВ-1М с рабочим трехфазным переменным 50 Гц напряжением до 10,5 кВ или постоянным напряжением до 15 кВ. Максимальная мощность блок-модуля РЕМА при напряжении 10,5 кВ составляет 15,9 МВт, номинальная мощность одного резистивного модуля РБМВ-1М – 2,65 МВт. РБМВ-1М представляет собой резистивную сборку, изготовленную по типу кожухотрубного теплообменника с 216 металлическими трубками, корпус и трубки из готовлены из дуплексной нержавеющей стали 2505 (2507). В металлические трубки модуля вставлены керамические резистивные элементы-поглотители. Каждый модуль РБМВ-1М подключен 6 отдельными проводами к шинам шкафа силового управления, расположенного над ним в силовом коммутационном блок-модуле. Охлаждение модулей производится морской водой, расход воды на один РЕМА – резистивный блок-модуль активной нагрузки составляет 300 м³/час для климатических условий Мурманской области. Охлаждающая вода подается в блок-модуль от коллектора насосно-распределительного блок-модуля – НРМ по трубопроводу из дуплексной нержавеющей стали диаметром прохода 200 мм и подводится в коллектор равного распределения давления диаметром 600 мм – КРРД (патент Лира-С). На подводящем в КРРД трубопроводе установлен отсекающий кран, электромагнитный расходомер, и дистанционно управляемый балансировочный кран с сервоприводом, для обеспечения равномерного распределения охлаждающей воды между несколькими блок-модулями РЕМА. Поступившая в КРРД охлаждающая вода в равном объеме распределяется по шести отходящим в модули РБМВ-1 трубопроводам диаметром прохода 80 мм. Способ циркуляции поступившей в модуль РБМВ-1М охлаждающей воды организован особым образом для обеспечения равномерного охлаждения металлических трубок, в которые вставлены керамические резистивные элементы (патент Лира-С). Нагретая вода, вышедшая из модулей РБМВ-1М по трубопроводам, поступает в сборный коллектор диаметром 600 мм и выходит из него по трубопроводу диаметром прохода 200 мм в выпускной коллектор насосно-распределительного модуля.

**РЕМА**

ЕДИНИЧНЫЙ МОДУЛЬ АКТИВНОЙ НАГРУЗКИ – РБМВ-1М

ОПИСАНИЕ И ХАРАКТЕРИСТИКИ

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ:

номинальная мощность – 2,65 МВт при трехфазном переменном напряжении 10,5 кВ, 50 Гц;
рабочее напряжение: трехфазное переменное до 10,5кВ, 50 Гц или постоянное напряжение до 15 кВ;

электрическая прочность изоляции – не менее 35 кВ;

количество керамических резистивных элементов поглотителей в модуле – 216, сопротивление одного резистивного элемента 2,33 Ом, сопротивление одной фазной группы 84 Ом, 3 фазных группы формирующих нагрузочную ступень, 2 нагрузочных ступени в модуле мощностью по 1,32 МВт каждая. Резистивные элементы могут быть соединены последовательно-параллельно в группы для получения необходимых характеристик в соответствии с техническими требованиями Заказчика по уровню напряжения, сопротивления, мощности и количеству ступеней модуля.

используемые материалы - наружный корпус цилиндрической формы наружным диаметром 700 мм установленный и закрепленный на металлической раме - материал корпуса, гидравлической системы, трубопроводов – дуплексная нержавеющая сталь 2505 (2507), материал рамы и наружных кожухов корпуса – нержавеющая сталь AISI 316, изоляция обеспечена специальным электроизоляционным эластичным компаундом, исключая образование конденсата и попадание влаги на контактные группы;

тип охлаждающей жидкости – морская вода, расход охлаждающей воды 50 м³/час для климатических условий Мурманской области (температура воды на входе от 0 С до 15 С, температура воды на выходе до 65 С). Диаметр прохода подходящего и отводящего трубопровода охлаждающей воды - 80 мм. Способ циркуляции поступившей в модуль РБМВ-1М охлаждающей воды организован особым образом для обеспечения равномерного охлаждения металлических трубок, в которые вставлены керамические резистивные элементы (патент Лира-С);

тип подключения – подключен 6-ю высоковольтными проводами ПВСк-11 сечением 25 мм² к шинному пункту подключения ШВК расположенному прямо над ним в блок модуле СКМ; датчики контроля состояния - оборудован датчиками контроля заполнения водой, контроля протока воды - датчики протока и(или) расходомеры, контроля температуры – датчики температуры охлаждающей воды и корпуса; модули РБМВ-1М оборудованы сливными кранами для опорожнения при необходимости и воздухоотводчиками.

габаритные размеры модуля на раме – ширина – 1,2 м, высота – 2 м, глубина - 1,2 м.



РБМВ-1М

СИЛОВОЙ КОММУТАЦИОННЫЙ БЛОК-МОДУЛЬ - СКМ

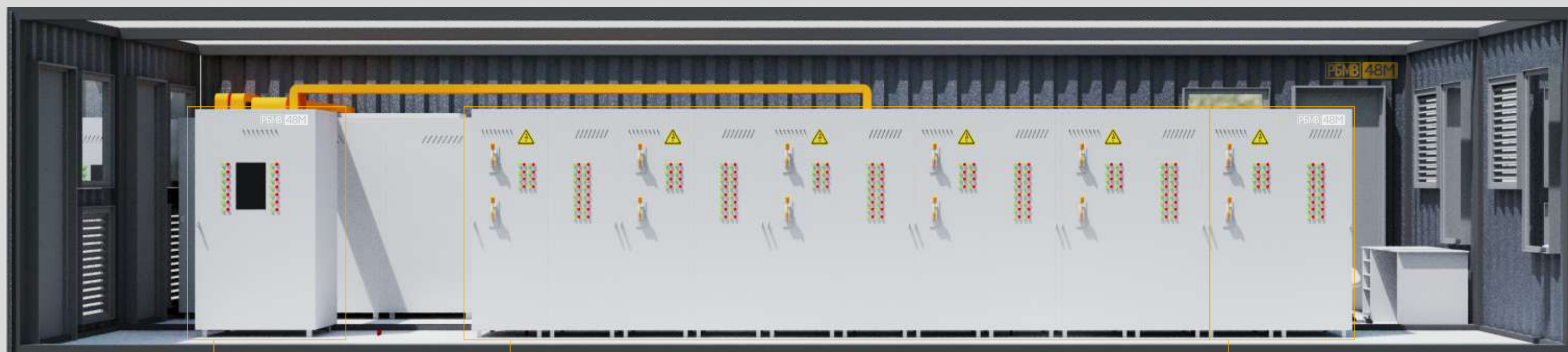
ОПИСАНИЕ И ХАРАКТЕРИСТИКИ

СКМ - обеспечивает силовую электрическую коммутацию для каждого отдельного силового резистивного блока-модуля активной нагрузки-РЕМА расположенного прямо под ним. СКМ имеет в своем составе:

высоковольтную ячейку КСО-10 с выключателем на 1000 А, встроенным трансформатором напряжения и комплексом защит.

шкаф высоковольтной коммутации ШВК состоит из 6 секций по числу силовых резистивных модулей РБМВ-1М, размещенных в блок-модуле РЕМА под ним. Каждая секция ШВК содержит шинный пункт подключения, к которому снизу через сальники подведены 6 высоковольтных проводов ПВБсК-11 от отдельного резистивного модуля РБМВ-1М, что обеспечивает отсутствие промежуточных соединений и повышает безопасность эксплуатации нагрузочного устройства за счет отсутствия оголенных токоведущих частей и дополнительных контактных групп непосредственно на модуле РБМВ-1М и вблизи него. Кроме шинного пункта подключения каждая секция ШВК имеет в своем составе высоковольтный разъединитель типа РВЗ-10 с заземляющими ножами и два вакуумных контактора для ступенчатого регулирования мощности, датчики тока типа LEM.

кросс-шкаф- КШ выполняющий роль промежуточного шкафа управления, в котором собираются все сигналы от шести постов местного управления ПМУ, от каждого из модулей РБМВ-1М, сигналы состояния выключателей, разъединителей, дверей, трансформаторов тока в ШВК, сигналы с ячейки КСО, сигналы с расходомера и сервопривода балансировочного крана охлаждающей воды установленного в блок-модуле РЕМА, сигналы от системы вентиляции и обогрева помещений, системы пожарной сигнализации и автоматической системы пожаротушения. Кросс-шкаф собирает все сигналы и по одному кабелю отправляет их на центральный контроллер - ЦК управления нагрузочным устройством, расположенный в управляющем силовом блок-модуле - УСМ, в ответ контроллер обработки сигналов кросс-шкафа получает управляющие сигналы от центрального контроллера.



КСО-10

ШВК
шкаф высоковольтной коммутации

КШ
кросс-шкаф

СКМ

УПРАВЛЯЮЩИЙ СИЛОВОЙ БЛОК-МОДУЛЬ - УСМ

ОПИСАНИЕ И ХАРАКТЕРИСТИКИ

УСМ обеспечивает управление и взаимосвязанную работу всего комплекса оборудования и модулей входящих в состав нагрузочного устройства. Из блока-модуля УСМ, не выходя на улицу, есть сквозной проход в любой из восьми блоков СКМ в составе нагрузочного устройства, что позволяет оператору и оперативно-ремонтному персоналу оперативно осуществлять визуальный контроль состояние коммутационного, силового и коммуникационного оборудования.

В состав оборудования блок-модуля УСМ входят:

ШСУ- шкаф системы управления включает в свой состав центральный контроллер, который контролирует рабочие параметры всех резистивных и реактивных модулей, управляет распределением охлаждающей воды между блок-модулями РЕМА в зависимости от их загруженности, управляет функциями блокировок и защит оборудования и обслуживающего персонала. ШСУ управляет подключением ступеней для формирования необходимой активной и реактивной нагрузочной мощности по управляющим сигналам, полученным от АСУ ТП ПЭБ "Лагуна" или от удаленного рабочего места оператора, или с пульта местного управления. Центральный контроллер ШСУ получает информацию с датчиков состояния контролируемых аппаратов и оборудования нагрузочного устройства и передает сигналы управления по интерфейсу Ethernet через кросс-шкафы (КШ), расположенные в каждом блок-модуле СКМ. В ШСУ реализована световая индикация (авария, готов и не готов) и графическая визуализация на ЖК дисплеях всего процесса работы нагрузочного устройства. С панели оператора в составе ШСУ возможно вручную задавать основные параметры работы нагрузочного устройства;

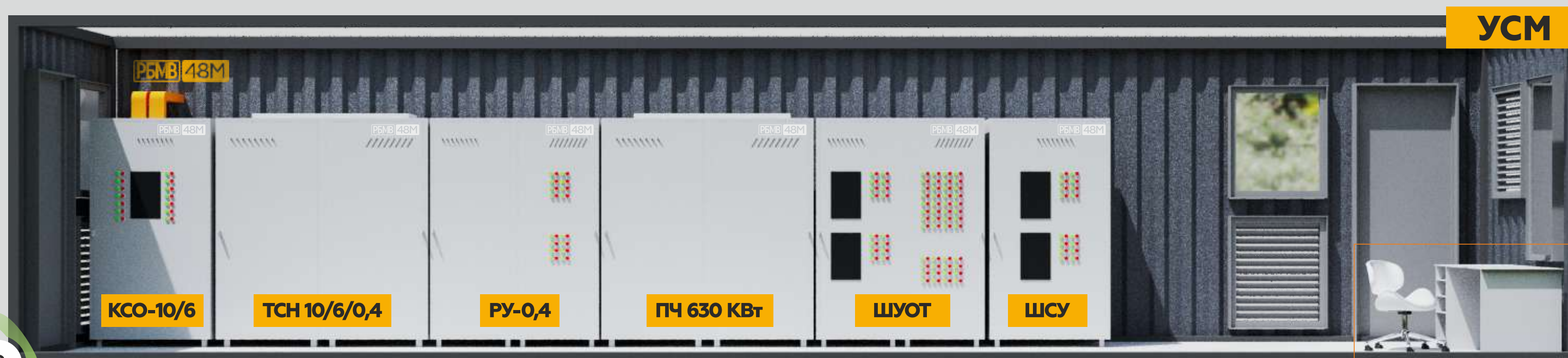
ШУОТ - шкаф управления оперативным током - гарантировано обеспечивает оперативным током систему управления, ячейки КСО, кросс-шкафы, систему аварийного освещения и сигнализации, питание всех датчиков и индикаторов, что обеспечивает безопасность и управляемость при эксплуатации высоковольтного силового коммутационного оборудования и непрерывность контроля состояния нагрузочного устройства, даже при условии полного отключения внешнего высоковольтного и низковольтного питания. В ШУОТ встроен источник бесперебойного питания, емкости аккумуляторной батареи которого достаточно для обеспечения электроснабжения в течение как минимум 2-х часов после отключения всех источников внешнего питания.

КСО-10/6 –высоковольтная ячейка контроля и защиты двигателя насосного агрегата - осуществляет функцию электропитания и управления высоковольтным электродвигателем сетевого насосного агрегата, находящегося в насосном блок-модуле - НМ. КСО-10/6 для контроля прямого пуска имеет микропроцессорный блок релейных защит двигателя типа БМРЗ "Механотроника" с полным комплексом защит двигателя. В нагрузочном устройстве РБМВ-48М насос работает только во время проведения комплекса нагрузочных испытаний, после проведения испытаний гидравлическая система полностью осушается при помощи пневматических компрессоров.

ТСН 10/6/0,4 - трансформатор собственных нужд служит для преобразования напряжения и питания систем, подключенных к РУ-04 и питания КСО-6 двигателя насосного агрегата на 6 кВ;

РУ-0,4 распределительный шкаф собственных нужд служит для распределения электропитания и защиты систем отопления и вентиляции, наружного и внутреннего освещения, контакторов ШВК, сервоприводов балансировочных и отсекающих кранов, сервисных насосов и компрессоров, системы низковольтного электроснабжения.

Рабочее место оператора нагрузочного устройства РБМВ-48М располагается непосредственной близости от ШСУ, оборудовано креслом и столом с установленным на нем компьютером – терминалом контроля параметров и управления нагрузочного устройства.



ОТКАЗОУСТОЙЧИВАЯ РАСПРЕДЕЛЕННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ НАГРУЗОЧНЫМ УСТРОЙСТВОМ СУ-НУ РБМВ-48М

Система управления нагрузочного устройства является распределенной системой с центральным управлением и имеет несколько иерархических уровней управления – ЦК – центральный контроллер; локальный командоконтроллер – ЛК, установленный в кросс шкафу (КШ) каждого блок-модуля СКМ и посты местного управления, расположенные на каждом модуле РБМВ-1М и в насосном блок-модуле.

Центральный контроллер реализует верхний уровень управления, анализирует команды от оператора, состояние и требуемый уровень нагрузочной мощности, формирует команды об ее увеличении или уменьшении. В процессе формирования мощности ЦК не участвует, а перепоручает это локальным командоконтроллерам. ЦК получает информацию с датчиков состояния контролируемых аппаратов и оборудования нагрузочного устройства от ЛК, расположенных в кросс-шкафах каждого блок-модуля СКМ, и передает управляющий сигнал командоконтроллерам по интерфейсу Ethernet.

Локальный командоконтроллер дает команды на включение/выключение вакуумным контакторов в ШВК регулирование потока охлаждающей жидкости посредством управления сервоприводами балансировочных кранов, контролирует основные параметры (объем охлаждающей жидкости, токи, напряжение, мощность), производит самодиагностику и формирует сигналы готовности или аварии, анализирует исправность подключенного оборудования и модулей, в случае их неисправности самостоятельно – программным способом исключает неработоспособное оборудование из рабочего процесса, перераспределяя нагрузку на оставшиеся модули, только оповещая об этом ЦК.

Такая структура РСУ НУ РБМВ-48М позволяет распределять вычислительную нагрузку с одного центрального контроллера между множеством унифицированных подсистем, что позволяет обеспечить:

высокую надежность работы системы управления нагрузочным устройством

Разработанная нами топология системы управления многократно увеличивает скорость реакции за счет сокращения пути сигнала и очереди на обработку. ЦК нет необходимости анализировать сигналы с десятков и сотен датчиков, анализ сигналов происходит "на месте" – либо на уровне поста местного управления, либо на уровне ЛК. Распределенная структура в системе управления позволяет ей сохранять работоспособность даже при выходе из строя или зависания любого отдельного элемента системы;

малое количество проводных соединений

количество управляемых аппаратов и оборудования и контролируемых датчиков достигает многих сотен – такая структура предполагает огромное количество связей, сложную структуру и значительную длину управляющих линий. СУ НУ РБМВ-48М имеет на два порядка меньшее количество соединений и длины управляющих линий по сравнению с сопоставимой СУ НУ, построенной по классической схеме управляемое/контролируемое оборудование/датчик – центральный контроллер;

легкая масштабируемость системы

в зависимости от требований, предъявляемых Заказчиком к нагрузочному устройству, меняется рабочее напряжение, сила тока, мощность, количество модулей и гидравлических контуров охлаждающей воды – при этом не меняются архитектура системы управления;

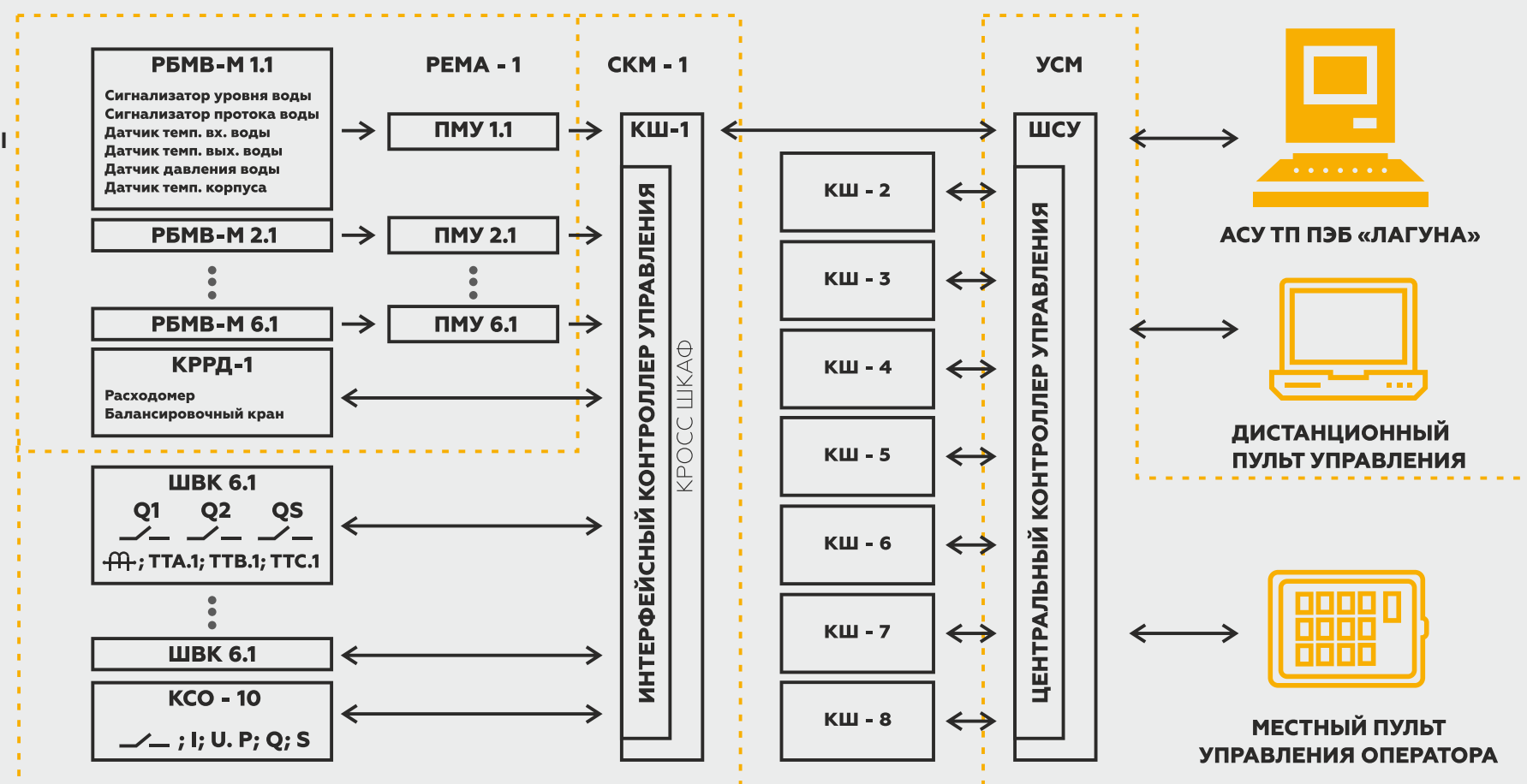
использование отечественных микросхем меньшей

производительности

легкость тестирования, отладки и ремонта системы управления

пост местного управления или локальный командоконтроллер имея короткие связи в рамках отдельного управляемого устройства, очень быстро и эффективно реализует функции программной и аппаратной защиты, а также формирует сигналы своего состояния и состояния контролируемых элементов.

Оператор всегда имеет актуальную информацию о состоянии и исправности всей системы. Для оперативно-ремонтного персонала или наладчика, для восстановления работоспособности системы управления достаточно просто заменить неисправный унифицированный пост местного управления или ЛК



НАСОСНЫЙ И НАСОСНО-РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЙ БЛОК-МОДУЛЬ – НМ И НРМ

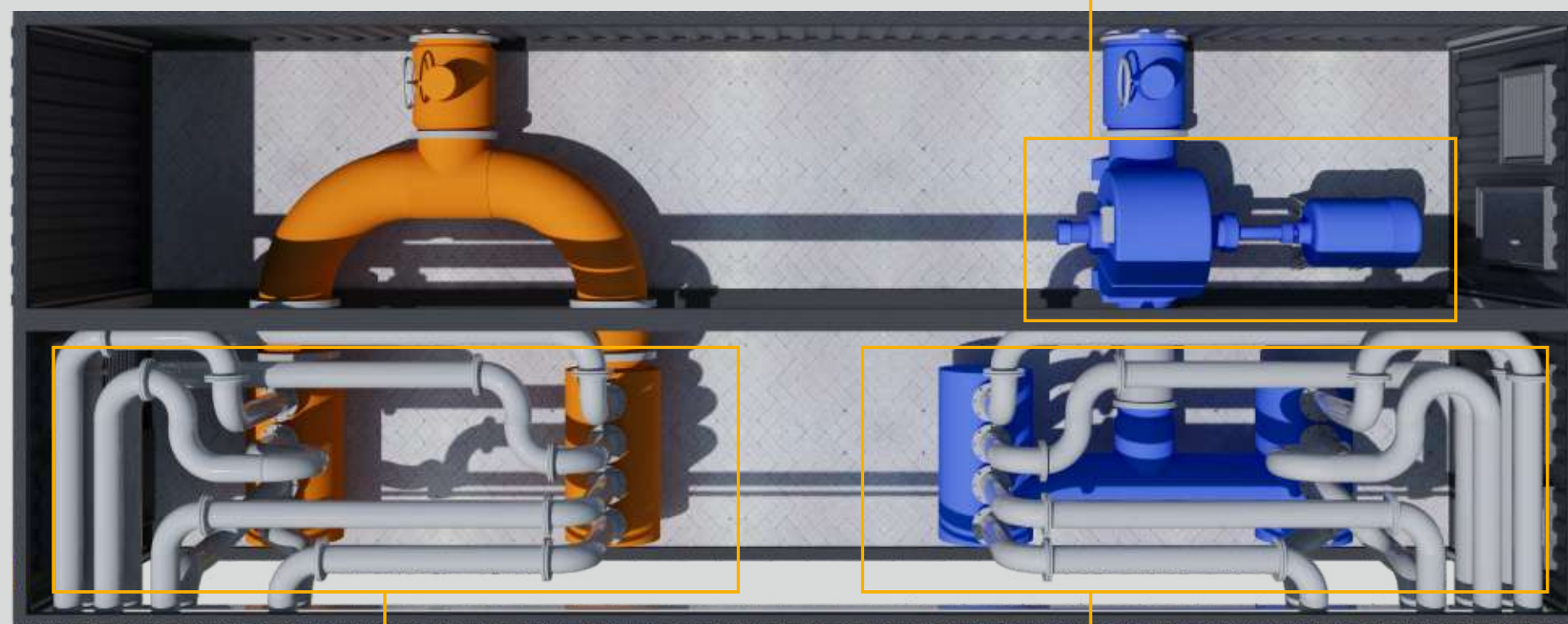
ОПИСАНИЕ И ХАРАКТЕРИСТИКИ

Насосный и насосно-распределительные блок-модули обеспечивают подачу и распределение охлаждающей морской воды в нагрузочное устройство и отвод нагретой морской воды с последующим ее сбросом в природный водоем через смесительный узел для разбавления холодной водой в соответствии с требованиями законодательства в сфере охраны окружающей среды.

Насос подачи охлаждающей воды типа Д-3200-75-2 с подачей 2500 м³/ч, напором 42 метра и потребляемой мощностью 370 кВт - перед запуском нагрузочного устройства заполняется водой при помощи специальной системы заполнения насоса. Заполнением насоса управляет и контролирует весь процесс центральный контроллер в ШСУ, он же контролирует состояние задвижки с сервоприводом на выходе из насоса - перед пуском она должна быть закрыта и сразу после пуска начинать открываться. После заполнения насосный агрегат запускается методом прямого пуска от сети, включением ячейки КСО-6, имеющей в своем составе микропроцессорный блок релейных защит двигателя типа БМРЗ ("Механотроника") или его аналог с полным комплексом защит двигателя. После того как двигатель насоса запущен, открывается задвижка на выходе насоса, и охлаждающая вода подается в распределительный коллектор в насосно-распределительном блок-модуле. Весь процесс запуска насоса "с нуля" может занимать от 5 до 15 минут. Сетевой насос нагрузочного устройства РБМВ-48М работает постоянно на полную мощность во время всего цикла испытаний. По требованию Заказчика блок-модуль СКМ может оснащаться преобразователем частоты для управления двигателем насоса.

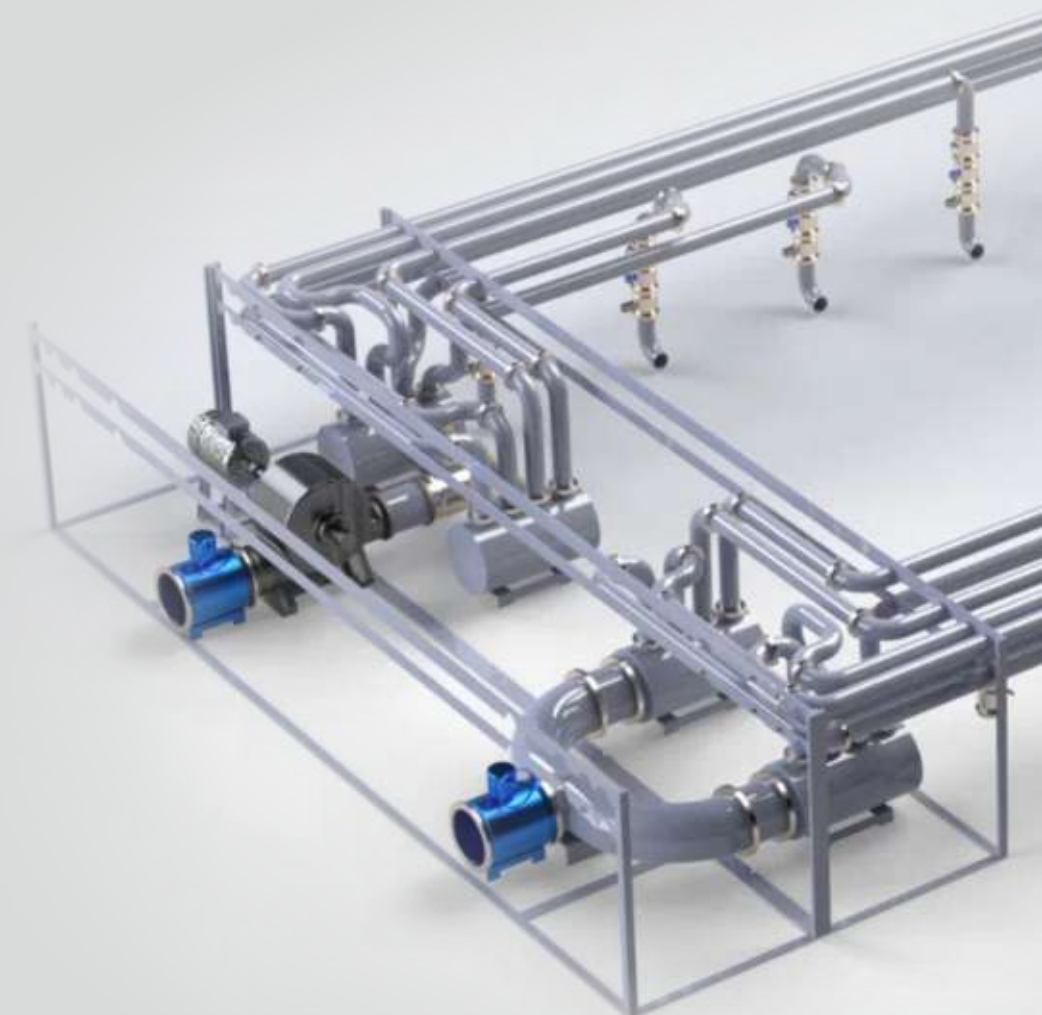
Распределительные коллекторы в НРМ служат для распределения по 8 трубопроводам подачи охлаждающей воды диаметром прохода 200 мм и для сбора воды из 8 трубопроводов сброса нагретой воды диаметром прохода 200 мм.

Насос подачи охлаждающей воды типа Д-3200-75-2



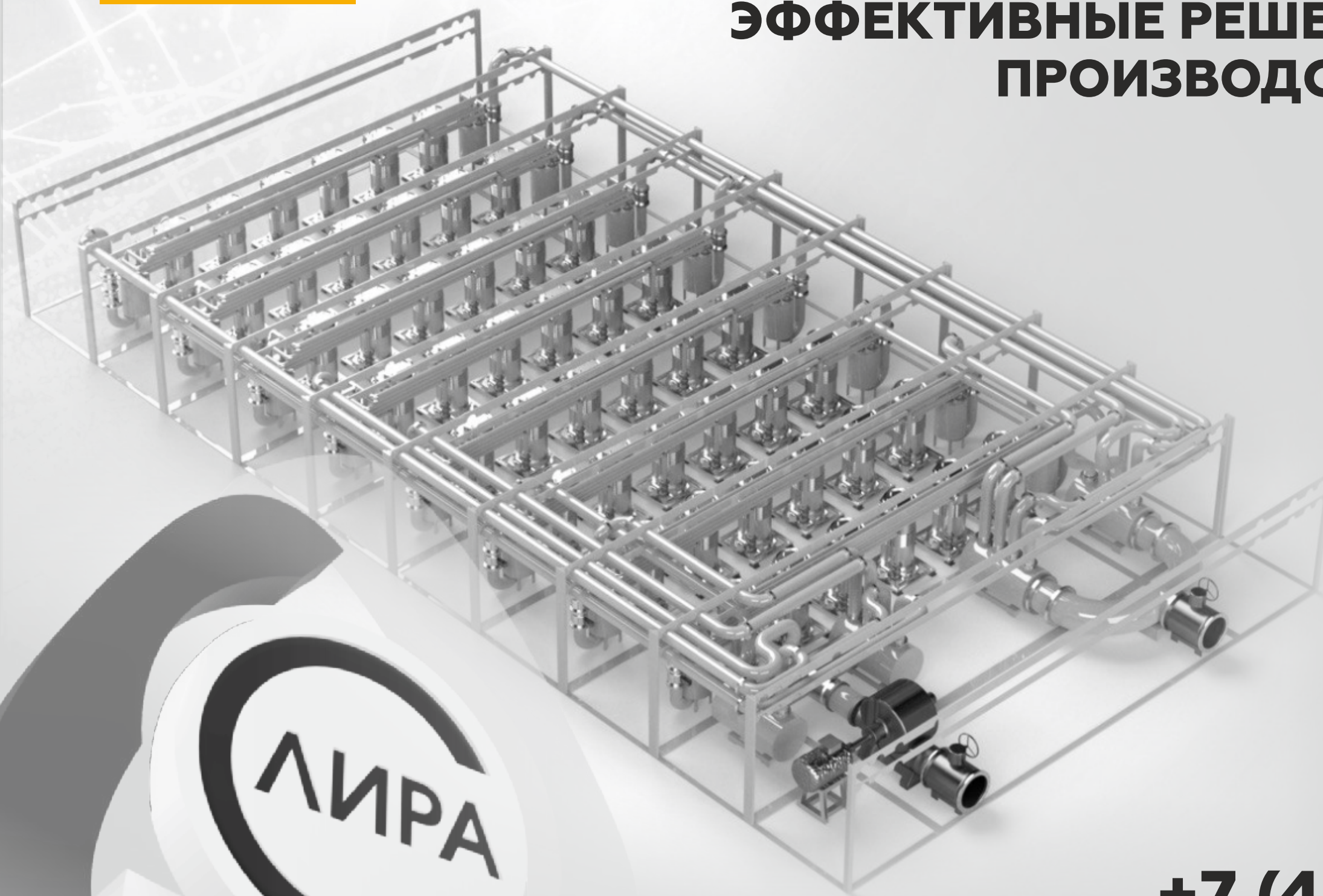
распределительные коллекторы

распределительные коллекторы



КОНТАКТЫ

ИННОВАЦИИ ЭФФЕКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВО



+7 (495) 266-65-28

198095, г. Санкт-Петербург,
Ул. Маршала Говорова, 49А, БЦ «Балтийский порт», офис 603

info1@lira-s.com www.lira-s.com