AMD

ТЕХНОЛОГИИ

Гаврилов Виктор Николаевич
Технический директор

Проектирование и построение системы прямого водяного охлаждения суперкомпьютера производительностью 10 петафлопс для МГУ имени М.В. Ломоносова, без применения холодильных машин

ЗАДАНИЕ НА ПРОЕКТИРОВАНИЕ

системы отвода избыточного тепла и системы вентиляции суперкомпьютера с пиковой производительностью не менее 10 петафлопс для МГУ имени М.В. Ломоносова

Система холодоснабжения	Функциональность
Прямого действия (СХС-1)	Отвод в атмосферу избыточного тепла, выделяемого вычислительными конструктивами жидкостного охлаждения, с использованием теплоносителя, подаваемого непосредственно в конструктивы.
Компрессионного действия (СХС-2)	Отвод в атмосферу избыточного тепла, выделяемого в воздух помещений: - вычислительными конструктивами с жидкостным охлаждением; - ИТ-оборудованием с воздушным охлаждением; - агрегатами инженерной инфраструктуры СК. Отвод других собственных теплопритоков.

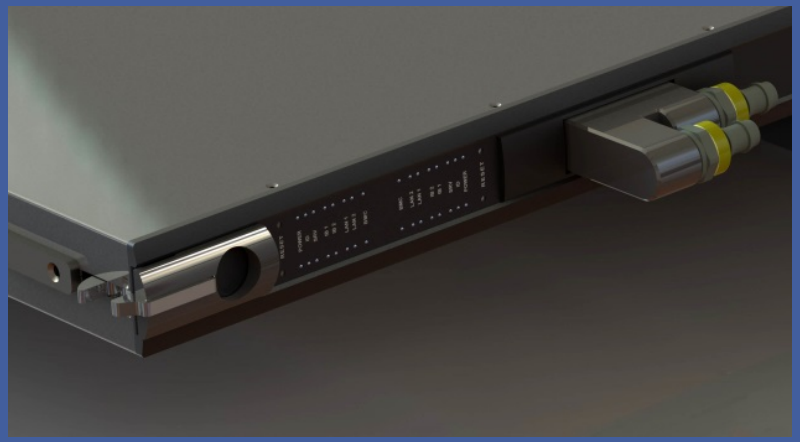
Таблица теплопритоков

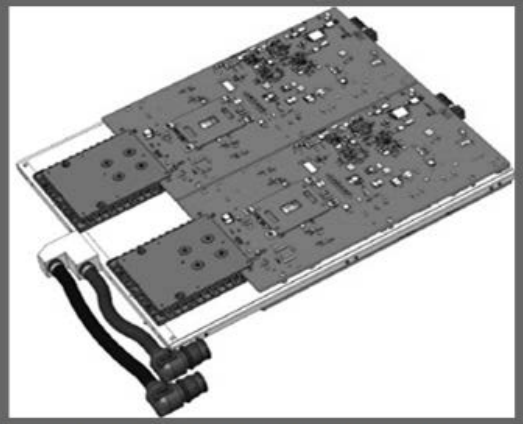
Оборудование	Тип	Кол-во	Мощность единицы оборудования макс., кВт	Тепло-приток, кВт	Способ охлаждения	Значение теплопритока для расчета, кВт	
						СХС-2	СХС-1
Конструктивы вычислительные	1	48	121,0	5518	Жидкостный/ воздушный (от 90% / 10% до 100% / 0%)	786	7858
	2	16	154,0	2340			
Коммутационное оборудование	монтажн. шкафы	6	8,0	45,6	Воздушный 100%	46	0
Управляющие серверы	монтажн. шкафы	14	различные	126,0	Воздушный 100%	126	0
Система хранения данных дисковая	монтажн. шкафы	20	различные	270,0	Воздушный 100%	270	0
Система хранения данных дисковая	монтажн. шкафы	20	различные	297,0	Воздушный 100%	297	0
Система хранения данных на магнитной ленте	монтажн. шкафы	18	различные	28,3	Воздушный 100%	28	0
Источник бесперебойного питания	UPS	3	-	93,6	Воздушный 100%	93,6	0
Источник бесперебойного питания	UPS	5	-	67,5	Воздушный 100%	67,5	0
Итого:						1714	7858

Суперкомпьютерная платформа A-CLASS

•Специализированная модульная стойка,мм 1500 x 800 x 2400 (52U)
•Гибридная система охлаждения
-на базе горячей воды для управляющих, вычислительных узлов и коммутаторов
-Входящая температура воды до +45 ^{0}C
- Выходящая температура более +50 ^{0}C
• Воздушное охлаждение блоков питания
-Встроенный теплообменник
-Замкнутая циркуляция воздуха внутри шасси
•Пиковая производительность более 420 Тфлопс
•Масштабируемость до системы из 128 стоек – более 54 Пфлопс

Вычислительный конструктив





CAD-модель вычислительного лезвия

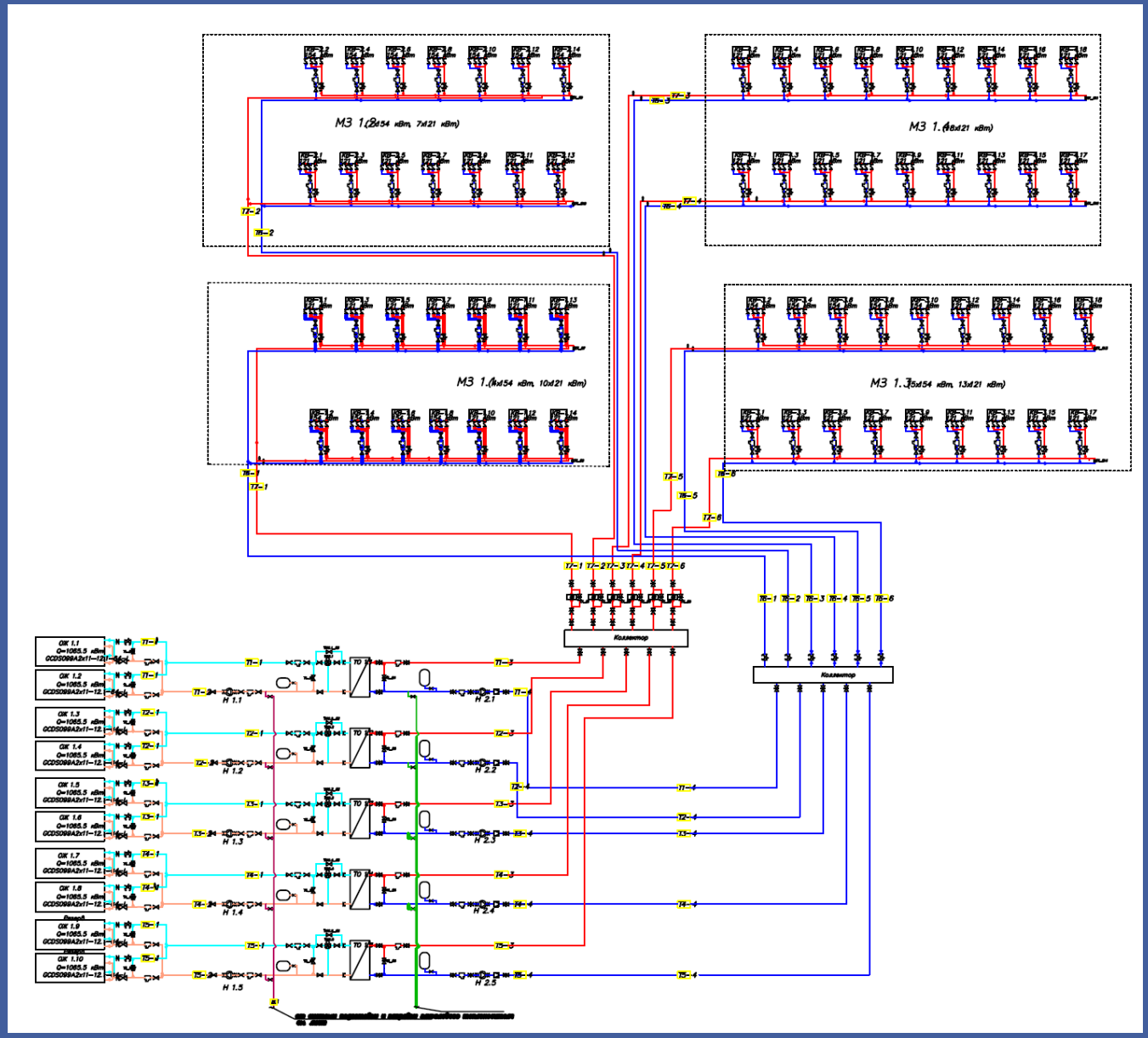
4 вычислительных узла монтируются на единый водоохлаждаемый радиатор, по два с обеих сторон

4 типа модуля с горячей заменой

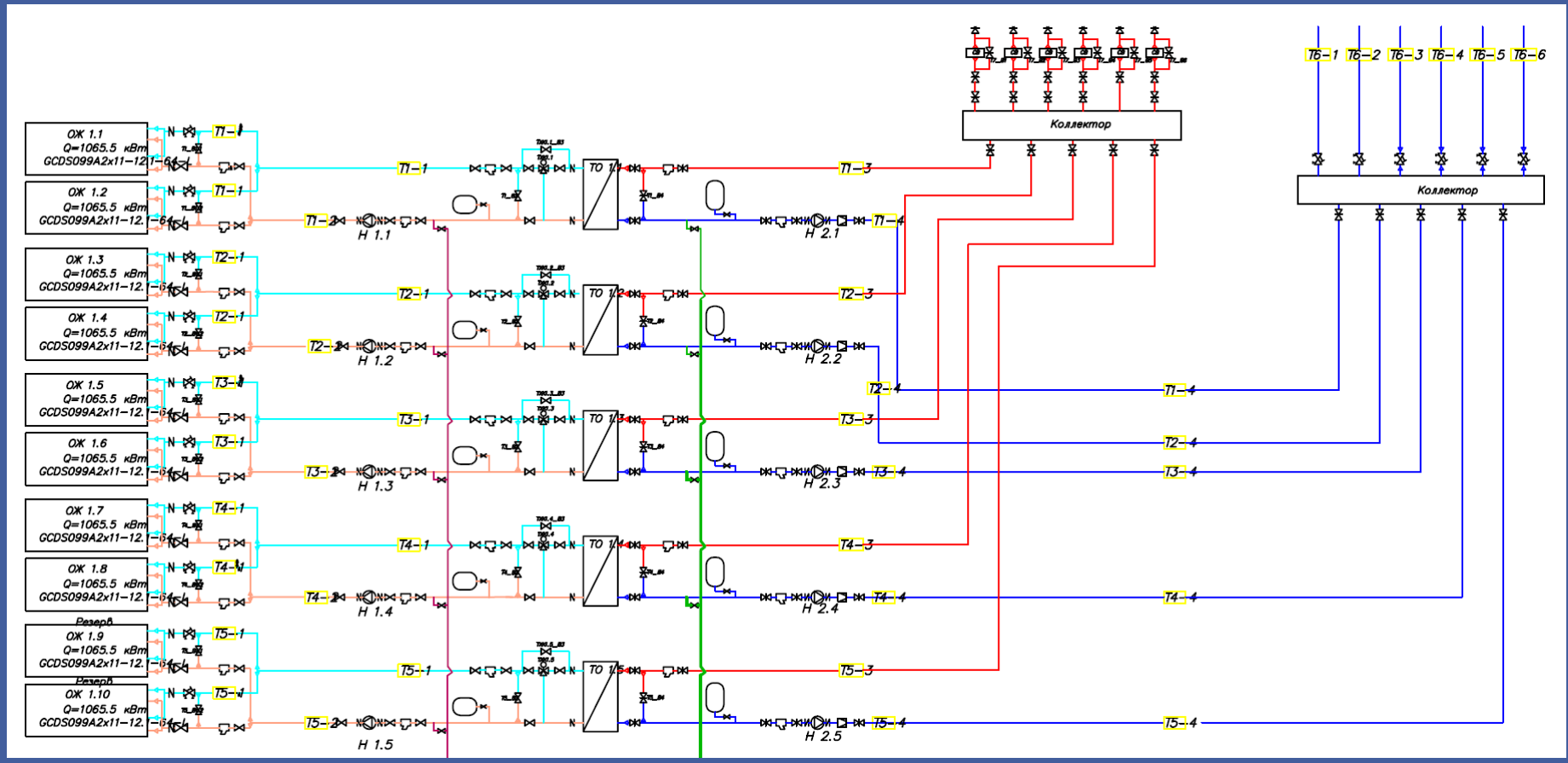
Энергоэффективность

- Работа в режиме свободного охлаждения в течении всего года
- Возможность утилизации тепла для отопления помещений в зимний период
- Снижение операционных затрат

Принципиальная схема СХС1

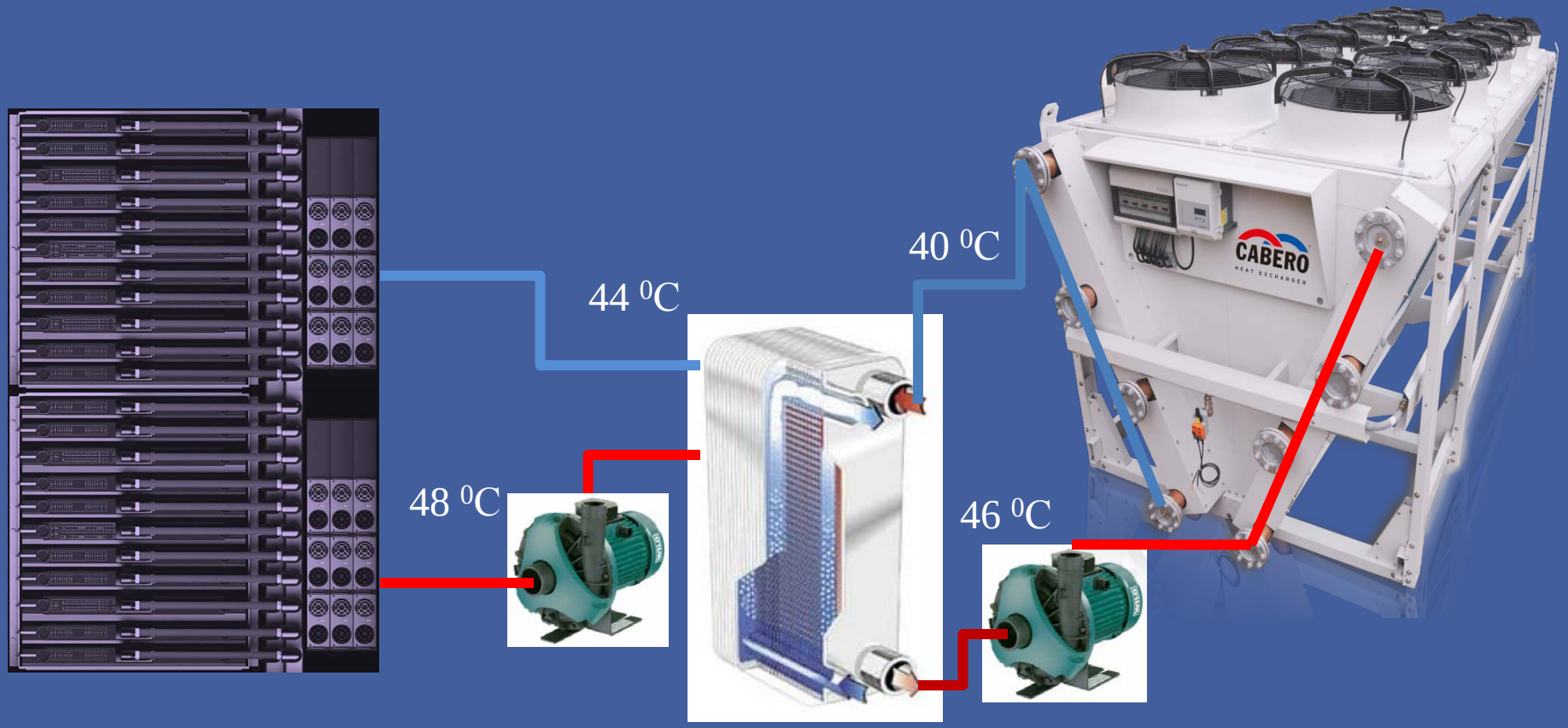


Принципиальная схема СХС1



- *10 сухих охладителей производительностью 1000 кВт*
- *5 пластинчатых теплообменников по 2000 кВт*
- *Насосные группы гликолевого и водяного контуров*
- *Температура гликоля в первичном контуре 40 / 46 Градусов Цельсия*
- *Температура воды во вторичном конуре 44 / 48 Градусов Цельсия – подача воды в конструктив*

Принципиальная схема охлаждения



СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТРУБОПРОВОДОВ ДЛЯ ОБЪЕКТА "10Р"

Марка и тип трубы с фитингами	СТАЛЬ	ВПП (взамен ППТ)	ПНД (ПЭ-100)	ПВХ (PVC SCH40)
Относительная стоимость без учета арматуры	100%	835%	439%	260%
Арматура	Трубы комплектуются обширным ассортиментом фитингов.	Требуется дополнительная обработка стандартной арматуры, что приводит к увеличению стоимости.	Трубы комплектуются обширным ассортиментом фитингов, которые отличаются простотой монтажа и прочностью соединения.	Трубы комплектуются обширным ассортиментом фитингов, которые отличаются простотой монтажа и прочностью соединения.
Сроки поставки	1-2 недели	10 х 18 недель	2-3 недели	от 8 недель для размеров более 6" (до 6" со склада)
Преимущества	К преимуществам стальных труб перед трубами, изготовленными из других материалов, относятся высокие прочностные характеристики, легкость и удобство монтажа, позволяющие добиться высокой герметичности.	Отсутствие корозии, увеличенный срок эксплуатации (более 12 лет). Гладкая пленка внутреннего покрытия позволяет увеличить скорость потока перекачиваемых жидкостей и за счет этого увеличивает пропускную способность трубы. Высокая адгезия покрытия создает надежный барьер проникновению коррозионных сред к металлической поверхности	Это малый вес, долговечность (до 50 лет эксплуатации с сохранением свойств), гибкость и эластичность, простота монтажа, коррозионная стойкость, низкая цена.	К числу основных преимуществ можно отнести: Долговечность; малый вес при достаточно высокой прочности; высокая коррозийная устойчивость; низкая теплопроводность; гладкость поверхности и отсутствие обрастания стенок; устойчивость к воздействию блуждающих токов; максимальный уровень химической устойчивости; простой быстрый и дешевый монтаж; срок эксплуатации порядка 50 лет.
Недостатки	Одним из основных недостатков стальных труб является их низкая устойчивость к коррозии. В процессе эксплуатации на внутреннюю поверхность стальных труб налипают мелкие частицы, взвешенные во внутренней среде трубопровода, что приводит к уменьшению внутреннего диаметра трубы, снижению пропускной способности и к увеличению гидравлического сопротивления в трубопроводе.	Большой срок изготовления и поставки. Трубы увеличенного размера более 300 изготовить проблематично. Отсутствие арматуры.	Трубы из ПНД применяются для прокладки водопроводов, канализации, для прокачки газа, используются в качестве защитного кожуха для кабелей. Предназначены для передачи сред температурой до 40°С, т.е для холодного водоснабжения.	К недостаткам труб ПВХ можно отнести: высокий коэф.теплового расширения; зависимость прочности трубы от давления и в особенности оттемпературы транспортируемой жидкости.
Монтаж	Электродуговая сварка; автогенная сварка (трубы с гладкими концами); фланцевые соединения (на концах трубы фланцы с болтовым креплением).	Соединение СППТ должно производиться с помощью электродуговой сварки встык в полевых условиях (на основании временная инструкция по монтажу и эксплуатации трубопроводов из стальных труб с внутренним и наружным полимерным покрытием с внутренней защитной втулкой).	Соединение труб полиэтиленовых водопроводных осуществляется с помощью сварки встык или электромуфтовой сваркой. До 110 диаметра ПЭ трубы можно соединять компрессионными фитингами, что обеспечивает давление до 10 Атм. и дает возможность быстрого демонтажа трубопровода.	Собирать трубы из ПВХ так же просто, как конструктор, который собирается при помощи уплотнительных колец, клея. Не смотря на то, что все соединения клеевые, они выдерживают механические нагрузки при монтаже и в условиях работы трубопровода, что подтверждается обязательными испытаниями, оговоренными в ГОСТе. Под нужные размеры по длине трубы могут быть доработаны при помощи простейшего инструмента. Простота, легкость монтажа, возможность склеивания труб с фасонными изделиями – всѐ это позволяет не применять специального сварочного оборудования и не требует длительной подготовки специалистов.

Трубопроводы ПВХ и ХПВХ

- Системы трубопроводов из ПВХ и ХПВХ можно использовать как в бытовой, так и производственной сфере. Это обусловлено многими положительными свойствами продукции:
- - простота монтажа,
- - высокая химическая стойкость,
- - хорошие гигиенические свойства,
- - высокая прочность и надежность,
- - огнестойкость,
- - не подвергаются коррозии и не зарастают отложениями.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ДРАЙКУЛЛЕРОВ

Темп.воздуха	C	35
Темп. сред. вых	C	46
Среда		эт.гл.40%

		XXXXX	XXXXX	XXXXXXX	XXXXXX	XXXXXX	XXXXXXX
Модель		A1	A2	A3	A4	A5	A6
Мощность	кВт	1064,78	1070,9	1065	1050,2	1065	1065,51
Темп. сред. вход	C	40	40	40	40,2	40	40,3
Потр. мощность	кВт	52	45	57,6	34,2	49,6	49,6
Длина	мм	9642	10200	10095	11889	12298	10140
Ширина	мм	2470	2480	2400	2400	2250	2400
Высота	мм	2990	2980	2900	2850	2449	2850
Площадь ТО	м2	3678	7187,4	5858	6099.2	5520,9	5594
Расход воздуха	м3/час	459200	496840	481622	420120	514800	430000
Внутренний объём	дм3	655	1206	598	1126.3	974	858
Количество		10	10	10	10	10	10

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ДРАЙКУЛЛЕРОВ

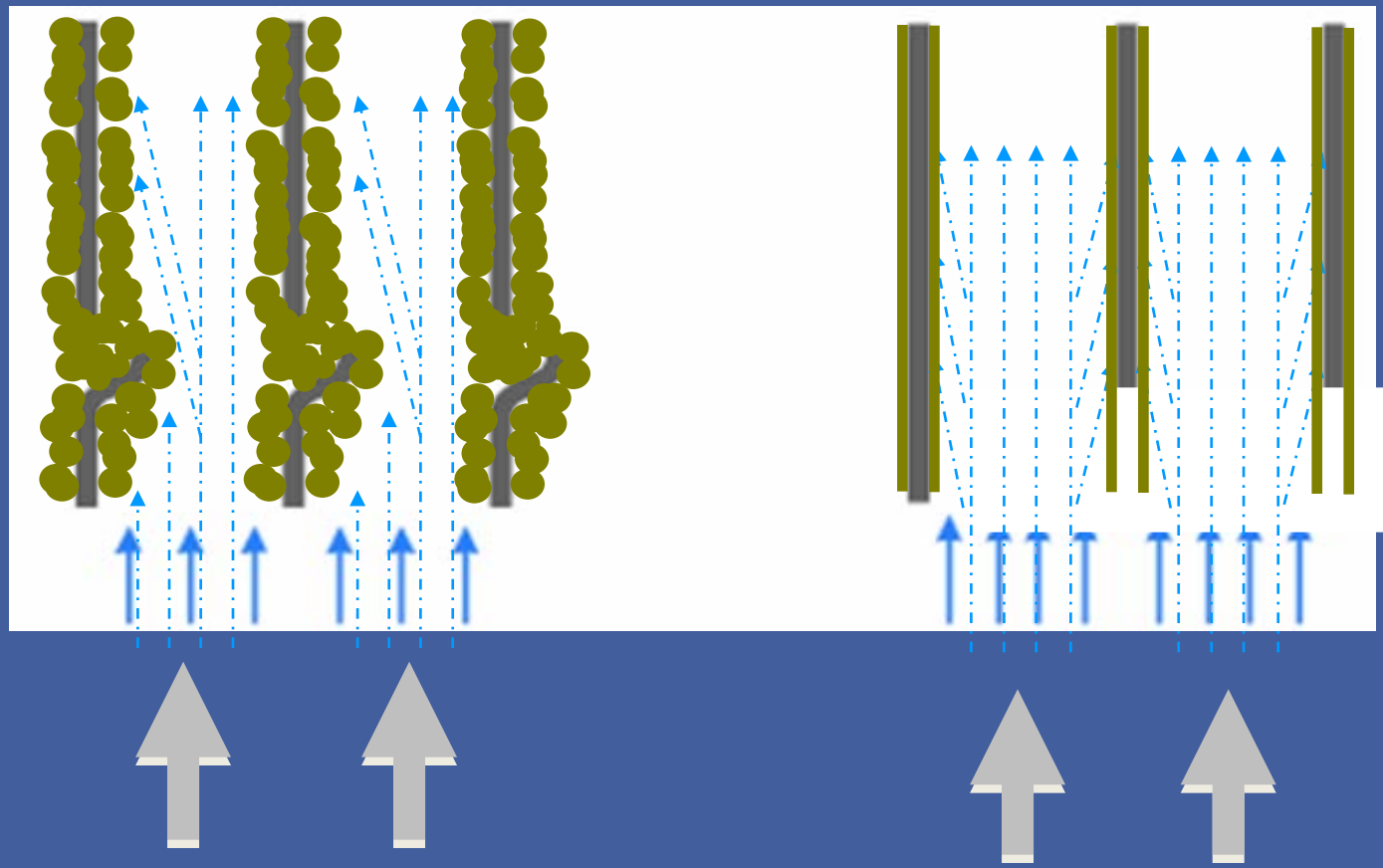
Темп.воздуха	C	35
Темп. сред. вых	C	46
Среда		эт.гл.40%

		XXXXX	XXXXX	XXXXXXX	XXXXXX	XXXXXX	XXXXXXX
Модель		A1	A2	A3	A4	A5	A6
Мощность	кВт	1064,78	1070,9	1065	1050,2	1065	1065,51
Темп. сред. вход	C	40	40	40	40,2	40	40,3
Потр. мощность	кВт	52	45	57,6	34,2	49,6	49,6
Длина	мм	9642	10200	10095	11889	12298	10140
Ширина	мм	2470	2480	2400	2400	2250	2400
Высота	мм	2990	2980	2900	2850	2449	2850
Площадь ТО	м2	3678	7187,4	5858	6099.2	5520,9	5594
Расход воздуха	м3/час	459200	496840	481622	420120	514800	430000
Внутренний объём	дм3	655	1206	598	1126.3	974	858
Количество		10	10	10	10	10	10

СУХИЕ ГРАДИРНИ

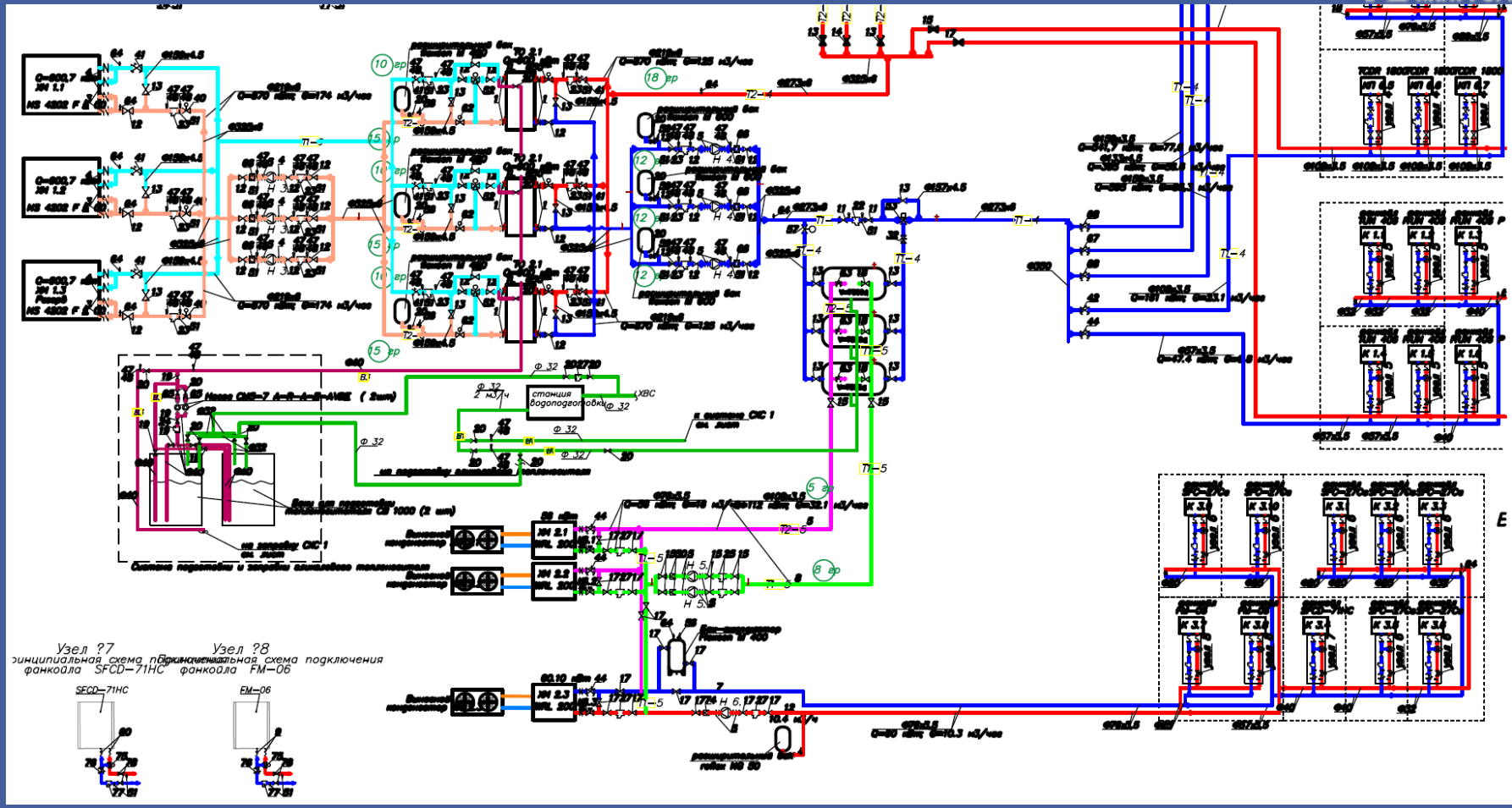
CABERO
HEAT EXCHANGER

Затраты на эксплуатацию
Преимущества гладкой ламели



СУХИЕ ГРАДИРНИ

Принципиальная схема СХС2

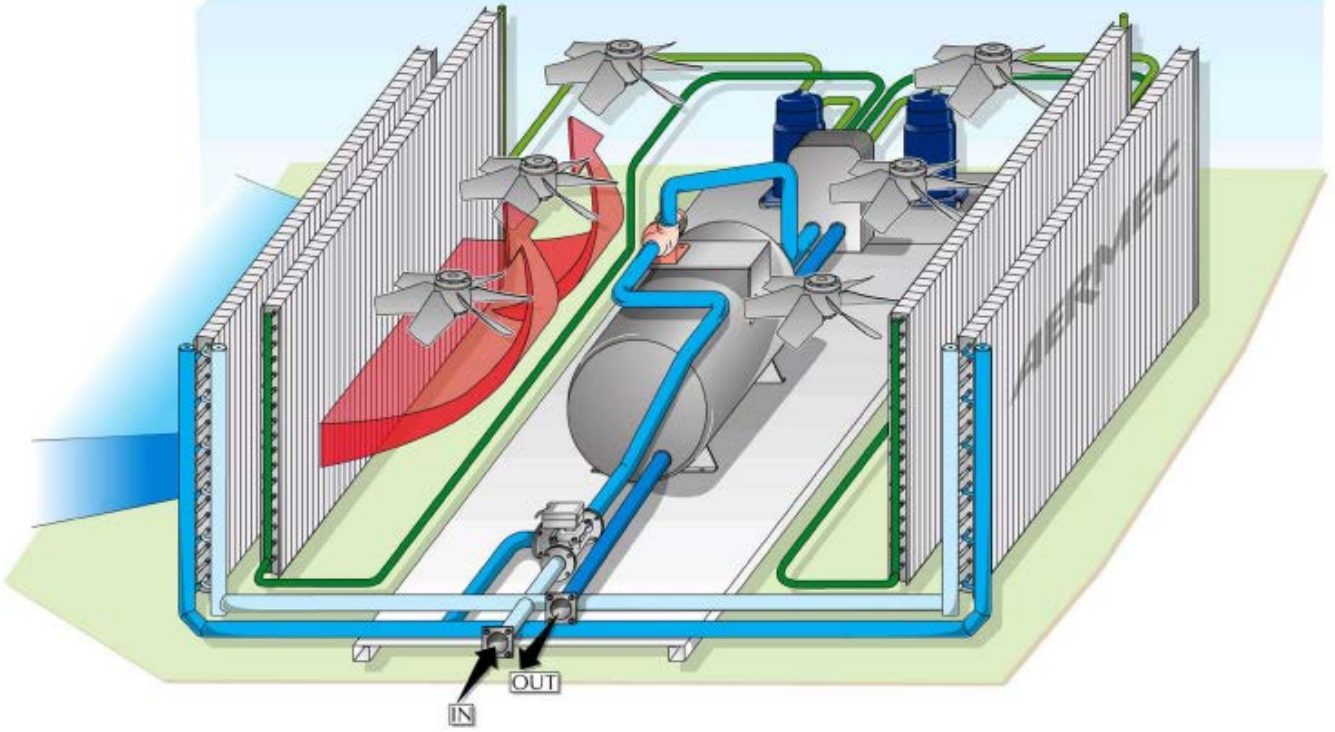


- 3 чиллера по 900 кВт; температура жидкости в гликолевом контуре 15/10 ^{0}C
- 3 теплообменника гликоль / вода; температура воды 18 / 12 ^{0}C
- станция зарядки баков аккумуляторов; температура воды 8 / 5 ^{0}C

Система СХС 2 – выбор холодильных машин Aermec особенности работы фрикулинга

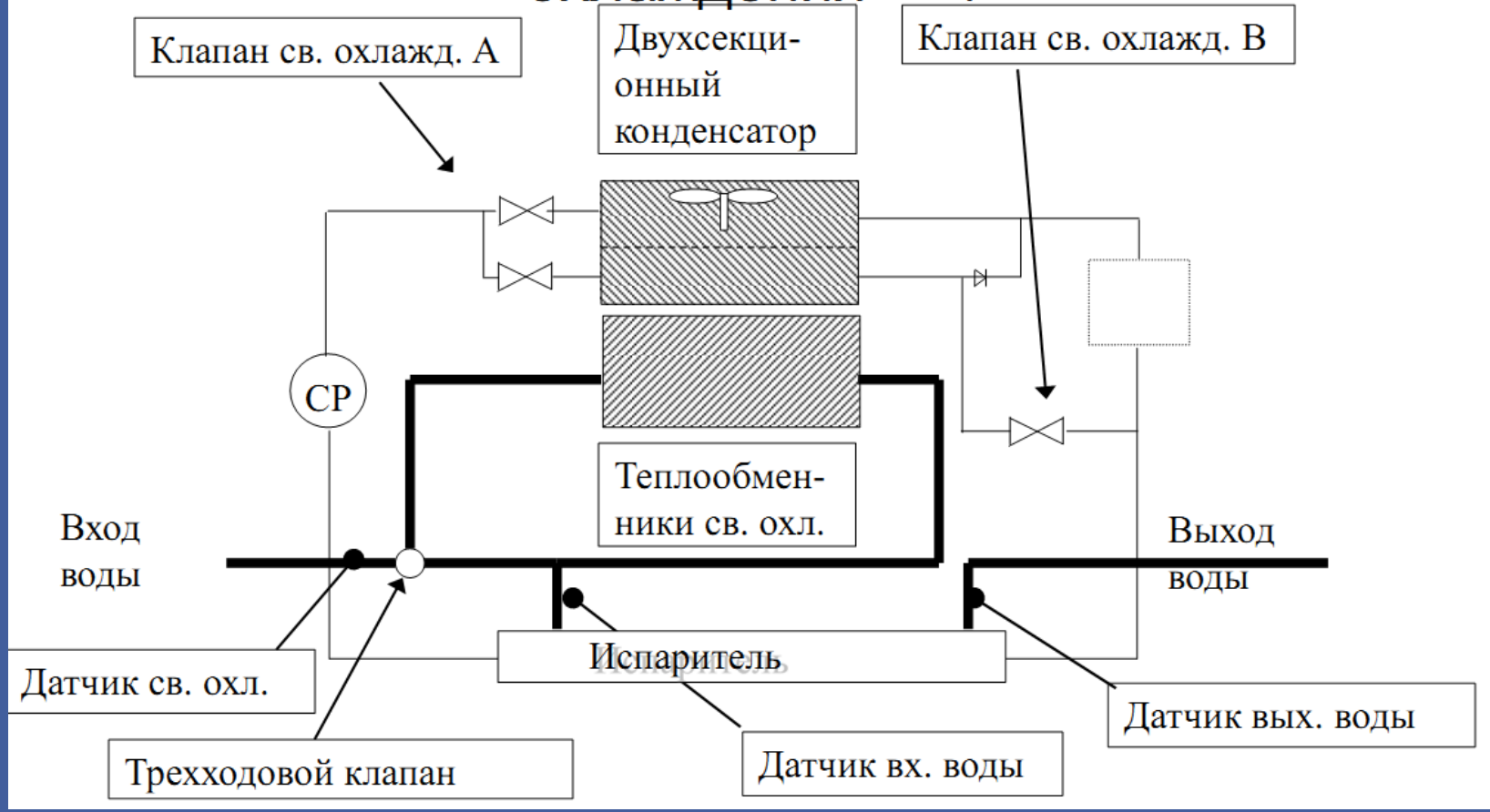
Как работает свободное охлаждение – 2 –

•РАБОТА НА КОМПРЕССОРАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СВОБОДНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ



Aermec особенности работы фрикулинга

Как сделана система свободного охлаждения – 7 –



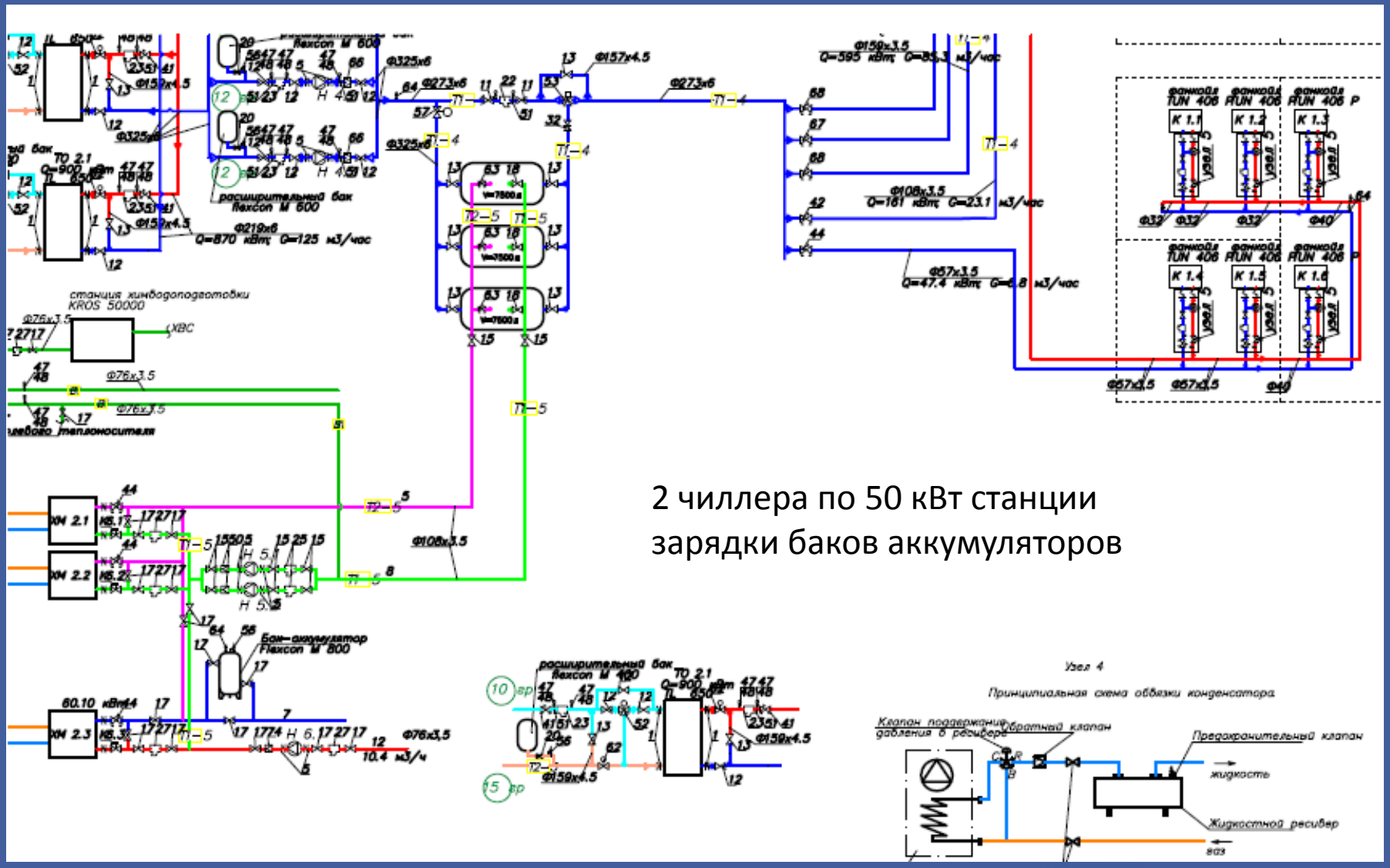
Система СХС 2 – выбор холодильных машин

- Холодопроизводительность 890 кВт
- Потребляемая мощность 332 кВт
- гликоль 40%, 15/10 ^{0}C
- Гидравлическое сопротивление 133 кПа
- Переход на 100% фрикулинг + 2 ^{0}C

Система СХС 2 – выбор холодильных машин Emerson – технологическое кондиционирование

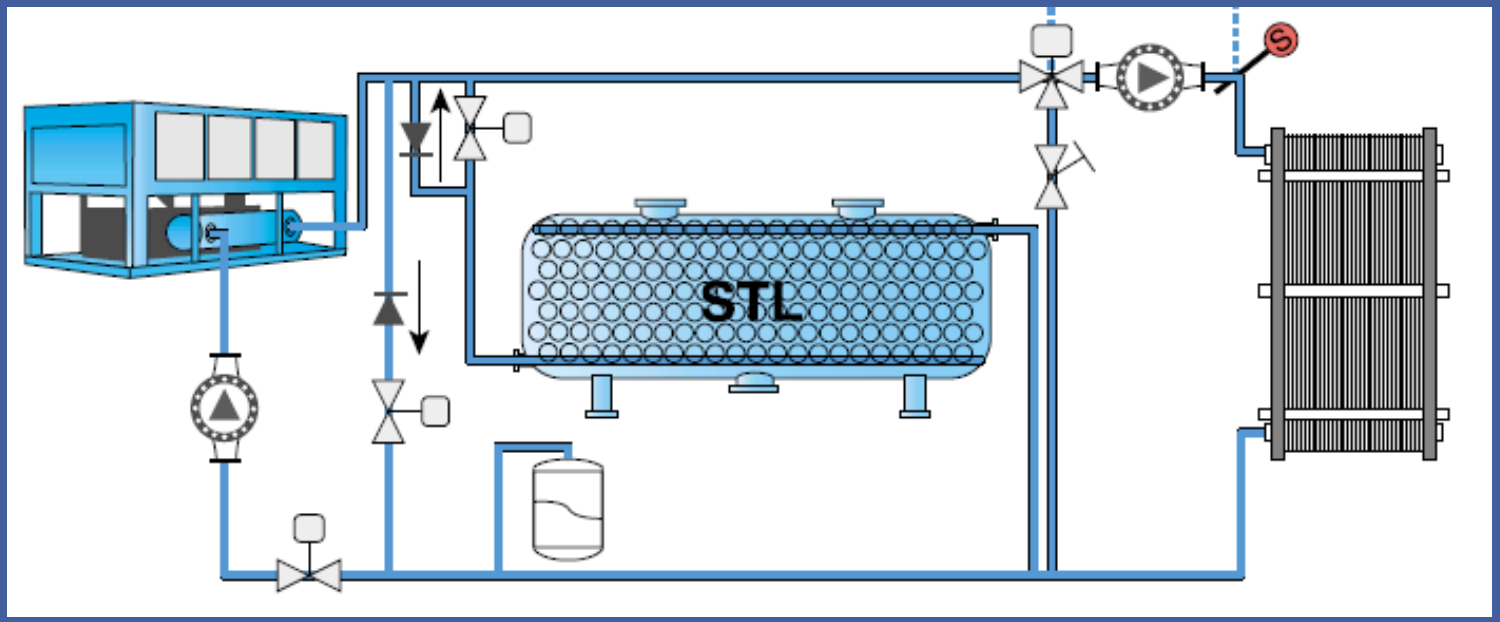
- Холодопроизводительность 137 кВт
- Потребляемая мощность 46,8 кВт
- гликоль 40%, 15/10 ^{0}C
- Гидравлическое сопротивление 160 кПа
- Переход на 100% фрикулинг + 1 ^{0}C

Дополнительные возможности
Аккумулирование энергии



2 чиллера по 50 кВт станции зарядки баков аккумуляторов

Зарядка баков аккумуляторов



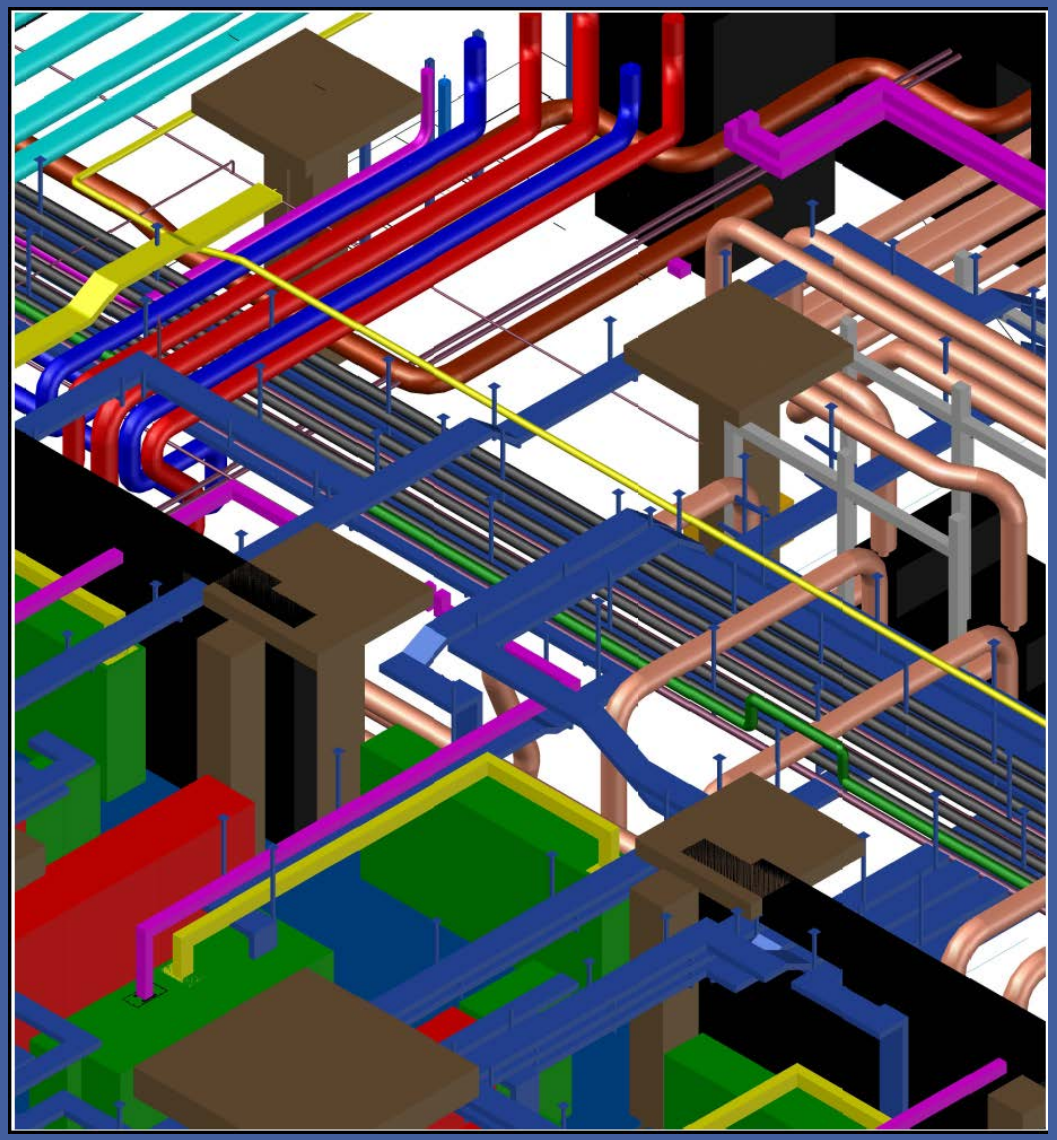
Уменьшение объема баков аккумуляторов более чем в два раза, с сохранением времени автономной работы.

Tcm=((T1*V1)+(T2*V2))/(V1+V2), где T1 - температура в баке, T2 - температура обратного потока,
V1- объем бака,
V2 -объемный расход

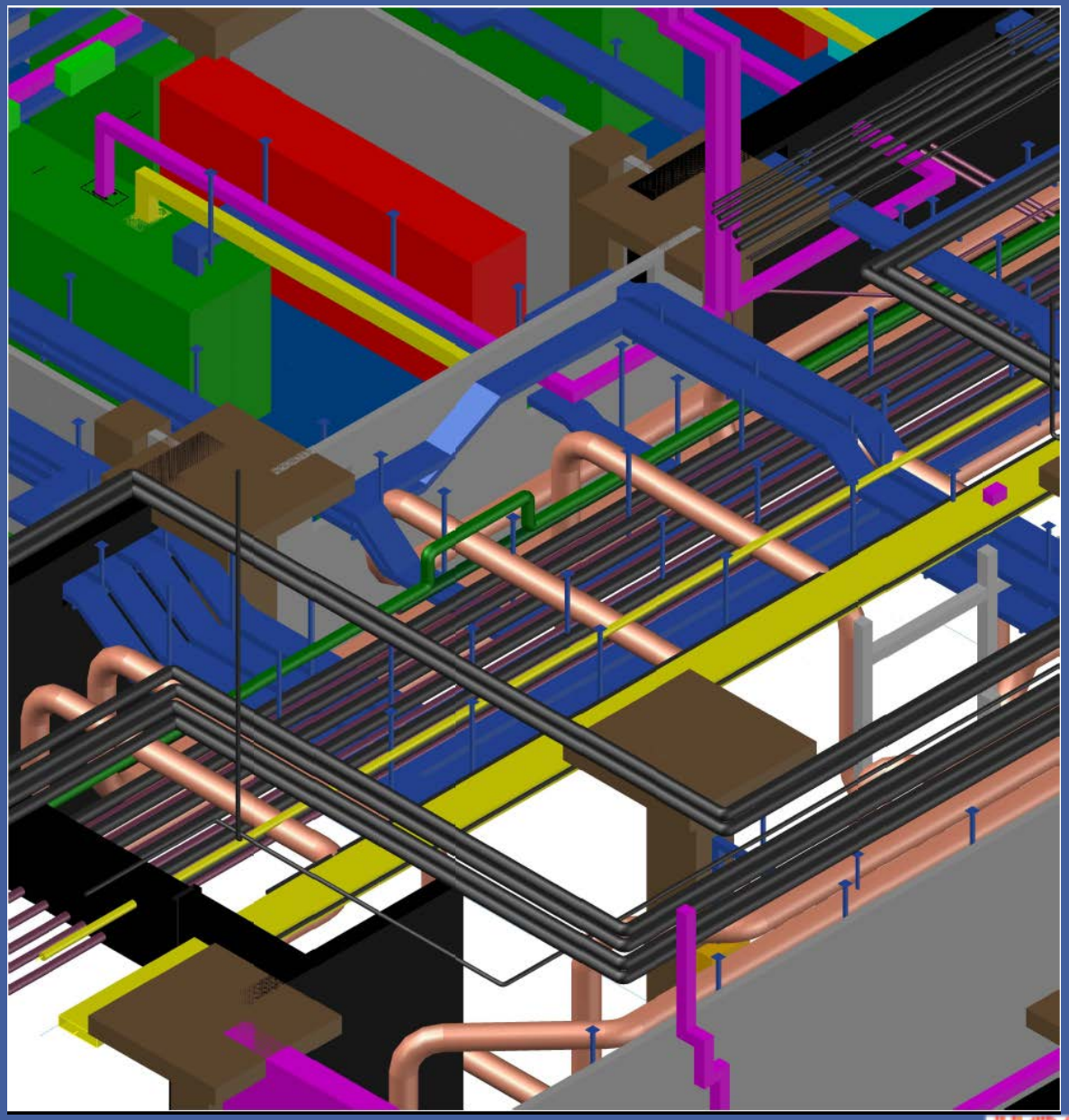
Зарядка баков аккумуляторов

- Рабочая температура воды в контуре охлаждения 12/18 ^{0}C.
- Установка 3-х баков аккумуляторов объемом 8 тонн каждый и с температурой воды 5 ^{0}C – равноценна установке 3 баков по 25 тонн при классической схеме охлаждения

3d проектирование



3d проектирование



Монтаж хладоцентра

Монтаж хладоцентра

Монтаж хладоцентра

Монтаж хладоцентра

Вопросы?

Гаврилов Виктор Николаевич
Тел. 8(495)984-41-05
www.amd-tech.ru
gavrilov.v@amd-tech.ru

Продолжение следует…