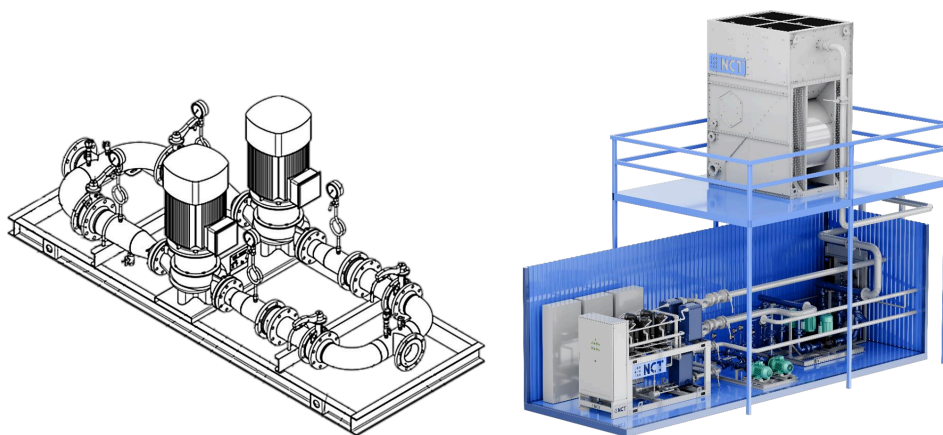


Руководство для инженеров

Насосные станции, баки, водоподготовка и гликоль NCT Проектирование и обвязка

Гидравлический узел системы охлаждения:
расчёты, схемы, обвязка, гликоль, водоподготовка, автоматика,
нормы



Содержание

Введение	6
1. Гидравлический узел системы охлаждения	7
2. Линейка NCT	13
3. Исходные данные	21
4. Расчёты с примерами	25
5. Схемы	37
6. Обвязка насосной станции и баков	44
7. Гликоль	52
8. Водоподготовка	56
9. Размещение	62
10. Автоматика	66
11. Российские нормы	73
12. Самопроверка	77
13. Наши объекты	80
Словарь терминов	83
Список литературы	84

Список рисунков

Рисунок 1	Карта гидравлического узла: слева открытый контур градирни, справа закрытый контур чиллера, подписаны элементы из таблицы раздела 1.1	8
Рисунок 2	Открытый контур: насос берёт воду из поддона градирни или из выносного бака в тёплом помещении	9
Рисунок 3	Закрытый контур: расширительный бак на всасе насосов, подпитка или долив гликоля, воздухоотводчики в верхних точках	9
Рисунок 4	Заводская насосная группа NCT на раме перед отгрузкой: два насоса, коллекторы, затворы и гибкие вставки собраны и испытаны на заводе	11
Рисунок 5	Насосная группа 2 + 1: у каждого насоса свои затворы, фильтр, гибкие вставки, манометры и обратный клапан	14
Рисунок 6	Сборный бак из панелей собирают в помещении без огневых работ; цельносварной доставляют целиком и ставят краном	15
Рисунок 7	Сборный оцинкованный бак NCT под градирней: накопительный бак открытого контура на общей раме	16
Рисунок 8	Станция долива гликоля: насос подаёт готовый раствор к линии расширительного бака, когда давление в контуре падает ниже уставки	18
Рисунок 9	Панель ХВП NCT исполнения W2C: контроллер проводимости, два дозирующих насоса, клапан продувки	19
Рисунок 10	Точки врезки панели W2C: датчик проводимости и клапан продувки на напорной линии, реагенты — в нагнетание насоса	19
Рисунок 11	Напор насоса считают по самому нагруженному кольцу; фильтр в расчёте — на пороге чистки, а не чистый	21
Рисунок 12	Из чего складывается напор насосной станции открытого контура: статика и конденсатор — половина, трубы — восьмая часть	27
Рисунок 13	Рабочая точка должна лечь в зону 70–120 % расхода максимального КПД (пример закрытого контура: 86 м ³ /ч на насос, 16,4 м)	28
Рисунок 14	Запас напора не исчезает: его гасит прикрытый затвор, или насос уходит вправо и гонит лишнюю воду	29
Рисунок 15	Кавитационный запас проверяют в худшем режиме: тёплая вода, низкий уровень, забитая сетка на всасе и один насос вместо двух (пример: насос у поддона градирни)	31
Рисунок 16	Эффективный объём: на малой нагрузке машина видит только ту воду, что возвращается к ней за минуты	32
Рисунок 17	Мембранный бак работает только между преднастройкой и конечным давлением (пример: бак 500 л, статика 25 м)	33
Рисунок 18	Поправки на гликоль к холодопроизводительности и перепаду давления: пропиленгликоль (ПГ) и этиленгликоль (ЭГ) 30–50 % при 7 °C на выходе	35
Рисунок 19	Постоянный расход с трёхходовыми клапанами: расход через машину не меняется, а перепад температур падает вместе с нагрузкой	37
Рисунок 20	Датчик перепада ставят на дальней ветке; у насосной станции он экономит втрое меньше	38
Рисунок 21	Первичный–вторичный контур: перемычка забирает разницу расходов, её направление говорит автоматике, сколько машин включить	39

Рисунок 22	Гидрострелка: функция перемычки плюс отделение воздуха и шлама	39
Рисунок 23	Выключенная машина на общем насосе превращается в перепуск тёплой воды в подачу	41
Рисунок 24	Насосная станция открытого контура: самотёк в бак с двумя отсеками, насосы под залив, тонкий фильтр на нагнетании, перелив с разрывом струи	42
Рисунок 25	Насосная станция NCT и её окружение: граница заводской поставки и то, что проект добавляет снаружи	45
Рисунок 26	Перегородка с сеткой: в приёмном отсеке поток успокаивается и отдаёт воздух, насос берёт воду из спокойного всасывающего отсека	47
Рисунок 27	ТЭН бака: термостат включает нагрев, реле уровня запрещает его, если вода ниже нагревателя	48
Рисунок 28	Узел заполнения и подпитки закрытого контура: на схеме не только знаки, но и диаметр, уставка и порог тревоги	49
Рисунок 29	Большой контур: батарея мембранных баков или установка поддержания давления с одной точкой подключения	50
Рисунок 30	Узел дозирования: каждый реагент своей линией в напорный участок между насосом и теплообменником; ввод во всас недопустим	57
Рисунок 31	Узел боковой фильтрации 50 м ³ /ч для контура 1000 м ³ /ч: отбор с напора, возврат в дальнюю часть поддона, промывка в линию продувки	58
Рисунок 32	Узел продувки: клапан на напорном участке, проточная ячейка датчиков, расходомеры подпитки и продувки	59
Рисунок 33	Блочно-модульная насосная станция NCT в утеплённом контейнере перед отгрузкой с завода	62
Рисунок 34	Опора работает только при r больше $\sqrt{2}$: резина пропускает 16 % вибрации насоса, пружина — меньше 2 %	64
Рисунок 35	Частотный преобразователь экономит по-настоящему с датчиком перепада на дальней ветке	67
Рисунок 36	АВР и ротация насосной группы: резерв должен восстановить проток раньше, чем сработает реле протока машины	68
Рисунок 37	Датчики уровня и их уставки: стоп насоса, подпитка вкл, подпитка выкл, авария перелива	69
Рисунок 38	Продувка по электропроводности: логика контроллера и блокировка после ударной дозы биоцида	70
Рисунок 39	Провод — для того, что должно сработать всегда, шина — для того, что полезно знать	71
Рисунок 40	Контур с насосной станцией в разделах стадии П и марках стадии Р	75
Рисунок 41	Внутри блочно-модульной насосной станции NCT: насосы, коллекторы и арматура в утеплённом контейнере	81

Список таблиц

Таблица 1	Элементы гидравлического узла и их задачи	7
Таблица 2	Чем открытый контур отличается от закрытого для узла	10
Таблица 3	Заводская насосная станция и сборка узла на месте	11
Таблица 4	Насосные группы NCT PU: рабочие параметры	13
Таблица 5	Сборные баки NCT: конструкция	15
Таблица 6	Станции долива гликоля NCT-SGL	17
Таблица 7	Панели ХВП NCT	18
Таблица 8	Изделие — задача — диапазон	20
Таблица 9	Обязательные показатели анализа воды	22
Таблица 10	Критичные поля опросных листов	23
Таблица 11	Расход воды на 100 кВт при разном перепаде	25
Таблица 12	Сопротивление кольца контура конденсаторов	26
Таблица 13	Варианты резерва для станции 98 м ³ /ч	29
Таблица 14	Сквозной пример: задание на насосные станции и баки	35
Таблица 15	Комплектация насосной группы NCT по опросному листу	44
Таблица 16	Уставки уровня бака	48
Таблица 17	Обвязка насосной станции и баков: узел — зачем — что будет, если забыть	50
Таблица 18	Этиленгликоль и пропиленгликоль: когда какой	52
Таблица 19	Станции долива гликоля NCT	54
Таблица 20	Контроль гликолевого контура	54
Таблица 21	Водоподготовка открытого и закрытого контура	56
Таблица 22	Периодичность контроля открытого контура	59
Таблица 23	Станции водоподготовки NCT	60
Таблица 24	Варианты размещения насосной станции	62
Таблица 25	Защиты насосной станции	68
Таблица 26	Сигналы насосной станции в диспетчерскую	70
Таблица 27	Нормы для проекта насосной станции, баков и водоподготовки	73
Таблица 28	Насосная станция, баки и водоподготовка в разделах стадии П и марках стадии Р	74
Таблица 29	Типичные ошибки проекта насосной станции, баков и водоподготовки	77
Таблица 30	Объекты с насосными группами NCT	80

К ЧИТАТЕЛЮ

Дорогие коллеги! Это руководство. Он объясняет, как работают насосная станция, баки, подпитка, гликолевый контур и водоподготовка, почему схему, обвязку и автоматику делают так, а не иначе, и даёт цифры для проверки расчёта. Но каждый объект живёт по своим условиям: своя сеть, своя вода, своё помещение и свои требования экспертизы. Если сомневаетесь в цифре, в порядке действий или в том, подходит ли правило к вашему проекту, уточните у своего руководителя или у нашего инженера, прежде чем закладывать решение в проект. Спросить — это профессионально; ошибиться «потому что так было в руководстве» — нет.

Для кого руководство и какой это уровень. Это уровень 3 «Инженерный»: исходные данные, расчёты, схемы, обвязка, проект. Кому какие разделы:

- **проектировщик холодоснабжения и тепломеханики** — всё руководство, в первую очередь разделы 3–7 и чек-листы;
- **проектировщик водоснабжения и технолог по воде** — разделы 3, 8 и 11;
- **ГИП и главный инженер заказчика** — разделы 1–3 (что входит в узел и какие данные собирать) и раздел 12 (типовые ошибки);
- **проектировщик автоматики** — раздел 10;
- **эксплуатация заказчика** — разделы 7, 8 и 10;
- **эксперт и технический надзор** — разделы 11 и 12.

Порядок разделов повторяет порядок работы над проектом:

- **разделы 1–2** — понять, из чего состоит узел, и выбрать изделия;
- **раздел 3** — собрать исходные данные и заполнить опросные листы;
- **раздел 4** — посчитать расход, напор, объёмы баков, гликоль;
- **разделы 5–6** — выбрать схему и нарисовать обвязку;
- **разделы 7–8** — гликоль и водоподготовка;
- **разделы 9–10** — размещение и автоматика;
- **разделы 11–13** — российские нормы, самопроверка с итоговым чек-листом, наши объекты.

Темы, подробно разобранные в других книгах серии, здесь даны коротким выводом со ссылкой: качество воды открытой градирни — в руководстве «Градирни НСТ» (ЭХ-АРМ002-RU); обвязка испарителя и конденсатора чиллера — в руководстве «Чиллеры НСТ» (ЭХ-АРМ003-RU); гликолевый контур драйкулера — в руководстве «Драйкулеры, АВО и испарительные конденсаторы НСТ» (ЭХ-АРМ005-RU). **Рабочая цифра для проекта — всегда из подбора конкретного оборудования на ваш режим:** его выдаём бесплатно по опросному листу (раздел 3).

ПРИМЕЧАНИЕ

Чем мы помогаем проектировщику. «Энергия Холода» — производитель оборудования НСТ с собственным конструкторским бюро и заводом. Проектировщику заказчика бесплатно: подбор насосной станции, баков и водоподготовки на ваш режим, основные технические решения (ОТР), схемы обвязки и проверка раздела до экспертизы.

1. Гидравлический узел системы охлаждения

Гради́рня, чиллер или драйкулер отдают и забирают тепло, но воду по контуру гонит не машина, а узел вокруг неё: насосы, баки, подпитка, фильтры, водоподготовка. Ошибки этого узла выглядят как ошибки машины. Чиллер уходит в аварию по реле протока, гради́рня зарастает накипью, гликоль через сезон превращается в слабый раствор. Раздел показывает, из чего состоит узел и чем он отличается в открытом и закрытом контуре.

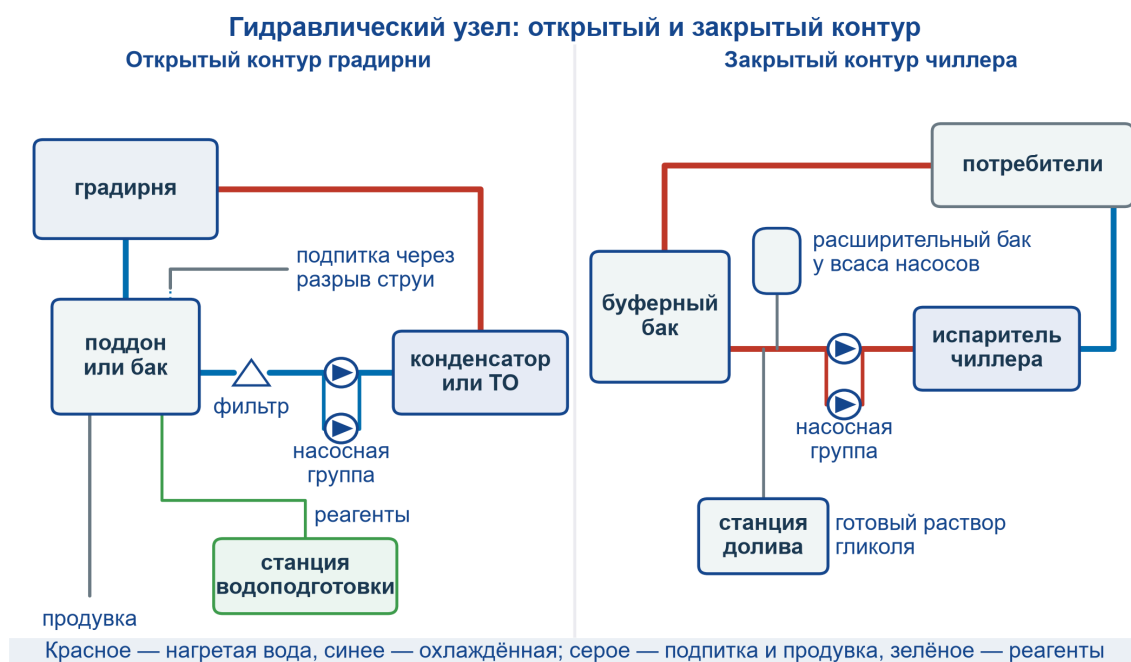
1.1. Из чего состоит узел

У любого контура охлаждения пять задач: двигать воду, держать её объём, держать давление, держать чистоту и держать химический состав. Под каждую задачу есть свой элемент.

Таблица 1 Элементы гидравлического узла и их задачи

Элемент	Задача	Где стоит	Подробно
Насосная группа	Даёт расчётный расход и напор, держит резерв	Между баком или поддоном и потребителем; в закрытом контуре — на обратке перед машиной	Разделы 2.1, 4, 6
Буферный бак	Добавляет объём, чтобы машина не включалась слишком часто; сглаживает скачки температуры обратки	На обратке перед машиной, весь поток проходит через бак	Разделы 4, 6
Накопительный бак (бак запаса)	Держит запас холодной воды под резкие набросы нагрузки, перебои подпитки; принимает воду из трубопроводов при остановке	Открытый контур: вместо поддона или рядом с гради́рней, часто в тёплом помещении	Разделы 4, 6
Расширительный бак	Принимает прирост объёма при нагреве и держит давление в закрытом контуре	На всасе циркуляционных насосов, в точке с самым низким давлением	Разделы 4, 6
Подпитка	Восполняет испарение и продувку (открытый контур) или мелкие утечки (закрытый)	Открытый контур — в бак или поддон через разрыв струи; закрытый — в линию расширительного бака	Раздел 6
Фильтрация	Задерживает взвесь, окалину, мусор	Сетчатый фильтр перед насосом или чувствительным аппаратом; боковой поток; линия подпитки	Раздел 6
Водоподготовка	Держит воду в пределах паспорта оборудования: без накипи, коррозии и биообрастания	Открытый контур — панель контроля и дозирования с продувкой по проводимости	Раздел 8
Станция долива гликоля	Держит давление в гликолевом контуре готовым раствором, не разбавляя его водой	Перед чиллером или контуром свободного охлаждения, в точке с минимальным давлением	Разделы 2.3, 7
Автоматика	Включает резерв, держит перепад, управляет подпиткой, продувкой, доливом	Щит насосной группы, щит станции, контроллер ХВП	Раздел 10

Рисунок 1 Карта гидравлического узла: слева открытый контур градирни, справа закрытый контур чиллера, подписаны элементы из таблицы раздела 1.1



Карта узла читается по ходу воды. В открытом контуре вода из поддона градирни или накопительного бака проходит фильтр, насос, потребителя и возвращается на ороситель. В закрытом — обратка от потребителя идёт через буферный бак к насосам, рядом со всасом насосов подключены расширительный бак и подпитка, дальше испаритель машины и подача потребителю.

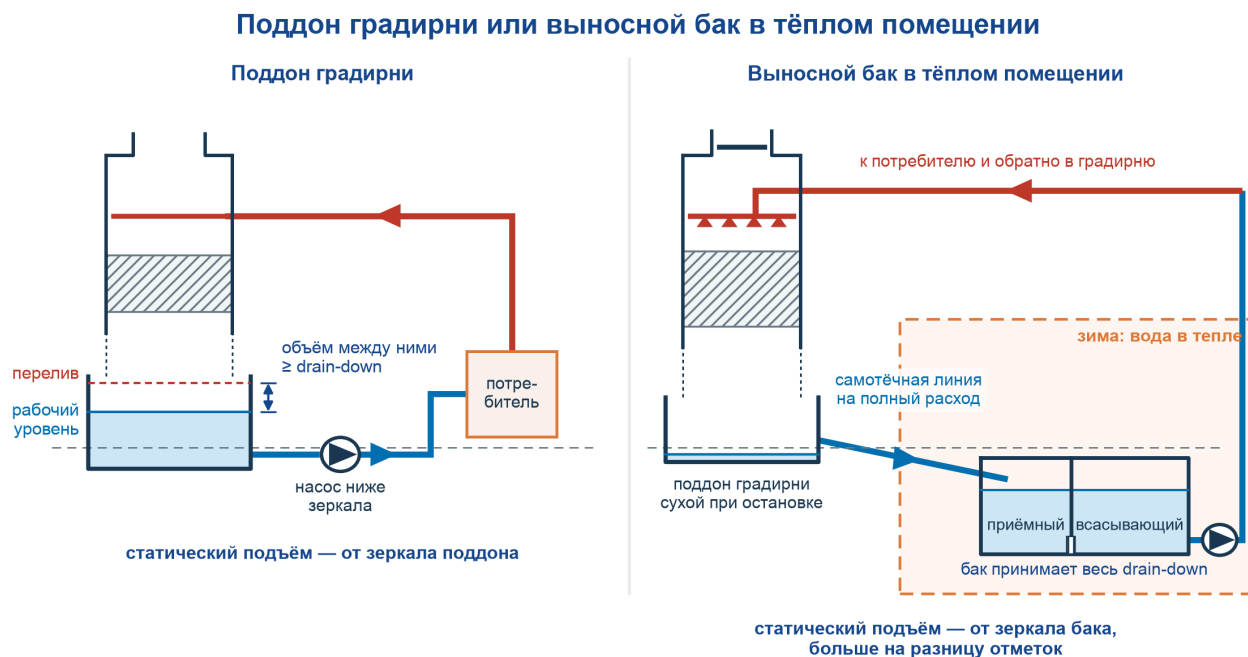
ПРИМЕЧАНИЕ

Узел проектируют вместе с машиной, а не после неё. Объём бака, напор насоса и состав водоподготовки зависят от того, какую машину вы ставите и в какой контур. Поэтому опросный лист на насосную группу NCT спрашивает, работает ли группа в открытом или в закрытом контуре и есть ли разрыв струи (раздел 3).

1.2. Открытый и закрытый контур: что меняется в узле

Открытый контур — это контур градирни, где вода контактирует с воздухом. Часть воды испаряется, соли остаются, их концентрация растёт. Отсюда продувка, подпитка на весь объём испарения и водоподготовка с дозированием реагентов. Свободная поверхность в поддоне или баке держит давление на уровне атмосферного, поэтому расширительный бак не нужен. Насос поднимает воду от зеркала поддона или бака до оросителя градирни: статический подъём входит в напор.

Рисунок 2 Открытый контур: насос берёт воду из поддона градирни или из выносного бака в тёплом помещении



Закрытый контур — вода или гликоль под давлением, без контакта с воздухом: контур холодной воды чиллера, гликолевый контур драйкулера, внутренний контур закрытой градирни (змеевик). Свободной поверхности нет. Прирост объёма при нагреве принимает расширительный бак, давление в каждой точке задаёт проектировщик, воздух выводят воздухоотводчиками в верхних точках. Столб воды в подаче уравновешен столбом в обратке, поэтому насос преодолевает только сопротивление кольца.

Рисунок 3 Закрытый контур: расширительный бак на всасе насосов, подпитка или долив гликоля, воздухоотводчики в верхних точках



Таблица 2 Чем открытый контур отличается от закрытого для узла

Что в узле	Открытый контур градирни	Закрытый контур (чиллер, драйкулер, элевик закрытой градирни)
Давление	Атмосферное на зеркале поддона или бака	Задаёт расширительный бак и уставка подпитки
Напор насоса	Сопротивление кольца плюс статический подъём на ороситель	Только сопротивление кольца
Баки	Поддон или выносной накопительный бак: рабочий объём, перелив, дренаж	Буферный бак на обратке и мембранный расширительный бак
Подпитка	Постоянная: испарение плюс продувка плюс унос; через разрыв струи	Эпизодическая: мелкие утечки; рост подпитки означает течь
Водоподготовка	Контроль проводимости, автоматическая продувка, дозирование ингибитора и биоцида	Качество подпиточной воды и первого заполнения; для гликоля — контроль концентрации
Фильтрация	Взвесь приходит из воздуха и с подпиткой: полный поток, боковой поток или фильтр подпитки	Сетчатый фильтр перед машиной и на всасе насосов; грязь в основном от монтажа
Защита от замерзания	Вода в тёплом баке, обогрев поддона, слив	Гликоль нужной концентрации или защита водой с контролем

ВНИМАНИЕ

Водоподготовка открытого и закрытого контура — разные задачи. Панели ХВП NCT рассчитаны на испарительное охлаждение: открытые градирни, контуры орошения испарительных конденсаторов. Их принцип — контроль солесодержания и продувка, а в закрытом контуре нечего продувать. Для закрытого контура задача иная: подпитывать подготовленной водой и не допускать постоянной подпитки. Подробно — раздел 8.

Внутри одного объекта часто работают оба контура. Типовой пример — чиллер с водяным конденсатором: испаритель стоит в закрытом контуре холодной воды, конденсатор — в открытом контуре градирни. У каждого контура своя насосная группа, свои баки и своя водоподготовка. Смешивать их узлы нельзя: подпитка закрытого контура водой открытого принесёт в испаритель концентрированные соли и биологию.

1.3. Заводская насосная станция или сборка на месте

Насосный узел можно получить двумя путями. Первый — заводская насосная станция: насосы, трубопроводы, арматура и приборы собраны на общей раме, испытаны на заводе и приходят на объект одним модулем, иногда сразу в утеплённом блок-контейнере. Второй — проект узла в составе раздела и сборка на объекте из отдельных насосов, труб и арматуры.

Рисунок 4 Заводская насосная группа NCT на раме перед отгрузкой: два насоса, коллекторы, затворы и гибкие вставки собраны и испытаны на заводе



Таблица 3 Заводская насосная станция и сборка узла на месте

Критерий	Заводская станция NCT PU	Сборка узла на месте
Подбор насоса	Внутреннее сопротивление станции учтено в подборе насоса	Сопротивление обвязки насосов считает проектировщик и добавляет в расчётное кольцо
Сварные швы	Визуальный и измерительный контроль по уровню качества «В» ISO 5817	Качество зависит от монтажной организации; контроль надо прописать в проекте
Гидравлические испытания	На заводе: 0,675 МПа не менее 30 минут, затем слив и продувка сжатым воздухом	На объекте, после монтажа; поиск и устранение течей — в графике пусконаладки
Антикоррозионная защита	Прокатная сталь, наружные поверхности — грунт-эмаль толщиной не менее 90 мкм; крепёж оцинкованный, только резьбовые соединения, без саморезов	Окраска и крепёж — по проекту и качеству работ на месте
Срок	Изготовление от 4 недель; модуль приходит готовым к подключению	Закупка комплектующих, сварка и окраска на объекте
Монтаж на объекте	Установить модуль и подключить к трубопроводам и питанию	Полная сборка трубопроводов, опор, арматуры
Помещение	Возможно блочно-модульное исполнение в контейнере «СЕВЕР»: каркас под нагрузку 14 т, отопление, вентиляция, освещение, пожаротушение, работа при -60°C	Нужно насосное помещение или навес
Автоматика	Щит заводской сборки: частотный преобразователь или пуск через устройство плавного пуска (УПП); опционально диспетчеризация по Modbus и Ethernet	Щит заказывают и увязывают с узлом отдельно

Критерий	Заводская станция NCT PU	Сборка узла на месте
Ответственность	Один изготовитель отвечает за гидравлику и автоматику модуля	Граница ответственности между поставщиком насосов, монтажником и наладчиком

Когда сборка на месте может быть оправдана: реконструкция с сохранением исправных насосов, или модуль не проходит в существующие проёмы и его нельзя разделить на части. В остальных случаях заводская станция снимает с проекта самые частые причины проблем на пуске — недостаточное сопротивление обвязки и течи, найденные уже при заполнении.

ПРИМЕЧАНИЕ

Что выигрывает проектировщик. С заводской станцией в проекте остаются три точки подключения: всасывающий и нагнетательный патрубки и питание щита. Технический лист станции даёт расход, напор, габариты и электрическую мощность — это строки вашей спецификации.

ВНИМАНИЕ

Насос с запасом «на всякий случай» — тоже ошибка. Насос, подобранный с запасом по напору, без регулирования уходит вправо по кривой и гонит лишнюю воду, а прикрытый затвор гасит лишний напор и тратит электроэнергию. Правильный запас — это честно посчитанное кольцо: фильтр на пороге чистки, шероховатость трубы в эксплуатации, поправка на гликоль (раздел 4).

Чек-лист раздела 1: состав узла определён

- ☐ Для каждого контура объекта записано, открытый он или закрытый.
- ☐ У каждого контура своя насосная группа, свои баки и своя подпитка; узлы контуров не смешаны.
- ☐ Для открытого контура решено, где хранится вода: поддон градирни или накопительный бак в тёплом помещении.
- ☐ Для закрытого контура предусмотрены расширительный бак на всасе насосов, воздухоотводчики и подпитка.
- ☐ Гликолевый контур подпитывается станцией долива раствора, а не из водопровода.
- ☐ Водоподготовка выбрана под тип контура: продувка и дозирование для открытого, подготовленная подпитка для закрытого.
- ☐ Решено, будет ли насосный узел заводской станцией или собирается на месте, и записано почему.

Правило прохода: если для контура нельзя сказать, где в нём свободная поверхность или расширительный бак, узел не определён — расчёты раздела 4 начинать рано.

2. Линейка NCT

Под гидравлический узел NCT выпускает четыре группы изделий: насосные группы и станции, баки и ёмкости, станции долива гликоля, панели водоподготовки с реагентами. Ниже — что входит в каждое изделие, в каких диапазонах оно работает и какие опции заказывают. Точные характеристики под ваш режим даёт технический лист, который мы выдаём по опросному листу (раздел 3).

2.1. Насосные группы NCT PU

Назначение. Насосная группа NCT PU — готовый заводской модуль для перекачивания воды систем отопления и охлаждающей или холодной воды без абразивных веществ в системах отопления, кондиционирования и охлаждения. Типовые задачи: обратное водоснабжение производств, подача воды к градирням, контуры холодоснабжения чиллеров, прокачка гликоля в пищевой технологии, охлаждение центров обработки данных.

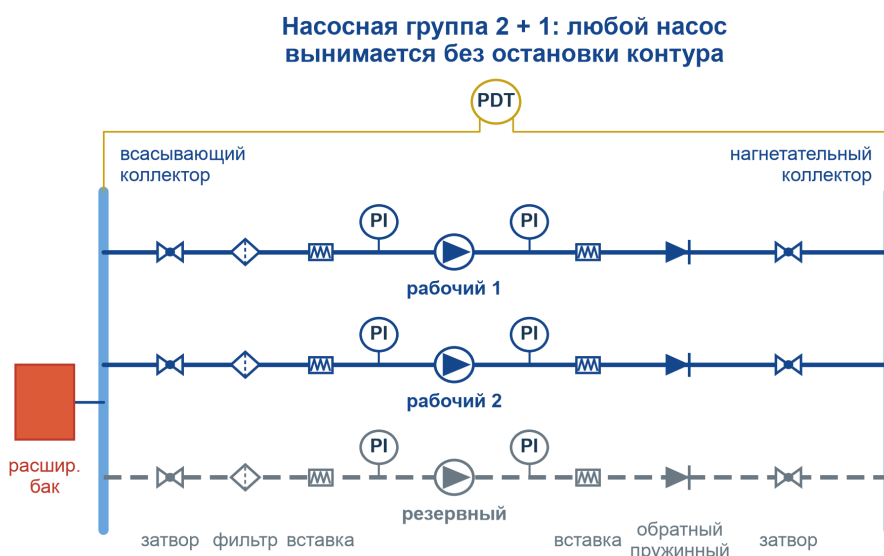
Таблица 4 Насосные группы NCT PU: рабочие параметры

Параметр	Значение
Расход	от 16 до 1560 м³/ч и более
Напор	от 10 до 100 м вод. ст.
Рабочая среда	вода без абразивных веществ; водные растворы этиленгликоля; водные растворы пропиленгликоля
Температура среды	от -15 до +110 °C
Рабочее давление	до 16 бар
Испытания	гидравлические, 0,675 МПа не менее 30 минут
Срок изготовления	от 4 недель

Насосы. Одноступенчатые центробежные насосы линейного типа, ин-лайн (in-line), с сухим ротором. Блочная конструкция с неподвижным электродвигателем, скользящее торцевое уплотнение, принудительное охлаждение двигателя, рабочее колесо, снижающее кавитацию.

Резерв. Базовая группа — два насосных агрегата: рабочий и резервный. Переключение на резерв автоматическое, через мембранные вентили с электромагнитным приводом, без участия оператора. Число рабочих и резервных насосов задаётся в опросном листе и в техническом листе отдельными строками, поэтому крупный контур можно собрать по схеме 2 + 1 (раздел 4).

Рисунок 5 Насосная группа 2 + 1: у каждого насоса свои затворы, фильтр, гибкие вставки, манометры и обратный клапан



Правило

Резерв включается автоматически по аварии рабочего и по падению перепада на группе; насосы меняются по наработке. Насосы в параллели — одного типоразмера.

Три варианта обвязки.

- **U-обвязка** — компактная конфигурация для ограниченных помещений.
- **L-обвязка** — удобный доступ к обоим насосам с одной стороны.
- **Линейная обвязка** — прямолинейная схема для встройки в существующий трубопровод.

По согласованию возможно индивидуальное исполнение под объект.

Комплектация. Опросный лист предлагает две:

- **базовая (BC)** — дисковые затворы, манометры, обратные клапаны;
- **полная (FC)** — дополнительно фильтры и гибкие вставки; размер ячейки фильтра указывают в опросном листе.

Пример состава из технического листа: фильтр фланцевый с ячейкой 0,6 мм Ду150, затвор дисковый Ду150, гибкая вставка Ду150, межфланцевый дисковый обратный клапан Ду150, манометры, фланцы по ГОСТ 12820-80, паронитовые прокладки по ГОСТ 15180-86, опорная рама, комплект трубопроводов, щит управления с частотным преобразователем. В состав модуля на раме могут входить накопительные и распределительные баки.

Автоматика (опция). Щит в двух исполнениях: с частотным преобразователем для плавного регулирования скорости или в режиме «вкл/выкл» с устройством плавного пуска. Опционально — онлайн-мониторинг (SCADA) по Modbus RTU и Ethernet для интеграции в АСУ ТП предприятия.

Исполнения. Стандартное — модуль на стальной раме для установки в помещении. Блочно-модульное — в утеплённом антивандальном цельносварном контейнере «СЕВЕР» с каркасом под нагрузку 14 т, отоплением, вентиляцией, освещением и пожаротушением; работа при $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$. Контейнер снимает вопрос строительства насосного помещения: его ставят на подготовленную площадку и подключают к коммуникациям.

ПРИМЕЧАНИЕ

Пример комплектной поставки. Завод алюминиевых профилей, система технологического охлаждения: насосная группа NCT PU с одним рабочим и одним резервным насосом, полной комплектацией, щитом с частотным преобразователем и сборным баком из панелей на 4,5 м³. Такой набор закрывает насосы, запас воды и автоматику одной поставкой.

2.2. Баки и ёмкости NCT

Сборные баки из панелей. Резервуар собирают на объекте из штампованных панелей на болтах, без сварки. Бак поставляют в разобранном виде, поэтому его можно собрать в подвале, на кровле или в цехе, куда цельный бак не занести.

Таблица 5 Сборные баки NCT: конструкция

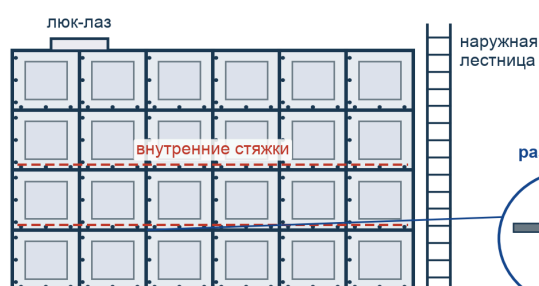
Параметр	Значение
Материал	углеродистая сталь, горячее цинкование; по заказу — нержавеющая сталь
Размеры панелей	1,22 × 1,22 м; 1 × 1 м; 1 × 0,5 м; 0,5 × 0,5 м и другие
Толщина панели	2–6 мм, зависит от высоты бака
Соединение	болтовое; панели фиксируются изнутри угловыми стойками
Уплотнение	нетоксичная вспененная лента из ПВХ по всем поверхностям стыка
Крышка	оцинкованная, толщина 1,4–3,0 мм
Объём	от 1 до 10 000 м ³
Форма в плане	L-, O- или П-образная
Рабочее давление	налив (без избыточного давления)
Основание	заводская стальная рама в комплекте

Расположение патрубков проектируют под объект; у сборных баков NCT 24 варианта спецификаций по патрубкам. Объём действующего бака можно нарастить, добавив панели.

Рисунок 6 Сборный бак из панелей собирают в помещении без огневых работ; цельносварной доставляют целиком и ставят краном

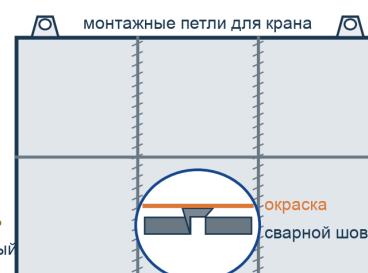
Сборный бак из панелей и цельносварной бак

Сборный из штампованных панелей 0,5–1,22 м



собирается внутри помещения,
без огневых работ

Цельносварной



доставляется целиком,
нужен проём и кран

Цельносварные баки — классическая сварная конструкция с заводской окраской. Их выбирают, когда есть возможность доставить и установить цельное изделие.

Опции баков: наружная и внутренняя лестницы и площадки обслуживания (горячеоцинкованные), люк-лаз, датчики уровня, температуры и давления, дренажный патрубок, перелив, ответные фланцы, сетка или перегородка между «тёплой» и «холодной» сторонами бака, заводская теплоизоляция, комплект подогрева (ТЭН и датчик температуры на баке).

Рисунок 7 Сборный оцинкованный бак NCT под градирней: накопительный бак открытого контура на общей раме



Буферный и накопительный — это назначение, а не тип бака. Один и тот же сборный бак работает буфером в закрытом контуре (на обратке перед машиной, весь поток через бак) или накопительным баком открытого контура (запас воды под набросы нагрузки, приём воды из трубопроводов при остановке). Назначение определяет патрубки, перегородку и отметки, поэтому его указывают в опросном листе (раздел 3).

Пластиковые ёмкости. Для растворов, реагентов и вспомогательных задач — ёмкости из пластмасс по ТУ 5691-001-62944668-2016, под налив, для капельных жидкостей. Три исполнения:

- **цилиндрические** — вертикальные, горизонтальные, горизонтальные на опорах, вертикальные с конусным дном; наземной или подземной установки;
- **прямоугольные** — в каркасе, наземной или подземной установки;
- **с перемешивающим устройством** — с ровным или конусным дном, мотор-редуктором на 220 или 380 В.

Для всех ёмкостей доступны люк, технологический колодец, патрубки в стенках, в крышке и сливные, лестницы, датчик уровня, утепление и обогрев (электрокабель, водяной).

ВНИМАНИЕ

Два требования из опросных листов на баки и ёмкости. Ввод в бак скашивают под 45°, чтобы струя не создавала турбулентности и ложных срабатываний датчиков уровня. Датчики уровня — кондуктометрические.

2.3. Станции долива гликоля NCT-SGL

Станция автоматически восстанавливает давление в гликолевом контуре при его падении, доливая готовый раствор той же концентрации. Контур не разбавляется водой, персонал не доликает вручную.

Таблица 6 Станции долива гликоля NCT-SGL

Модель	Вместимость бака, л	Мощность, кВт	Габариты Д × Ш × В, мм
NCT-SGL-250	250	1,1	1150 × 1100 × 1250
NCT-SGL-500	500	1,1	1400 × 1180 × 1500
NCT-SGL-750	750	1,5	1500 × 1250 × 1800
NCT-SGL-1000	1000	1,5	1650 × 1450 × 2150

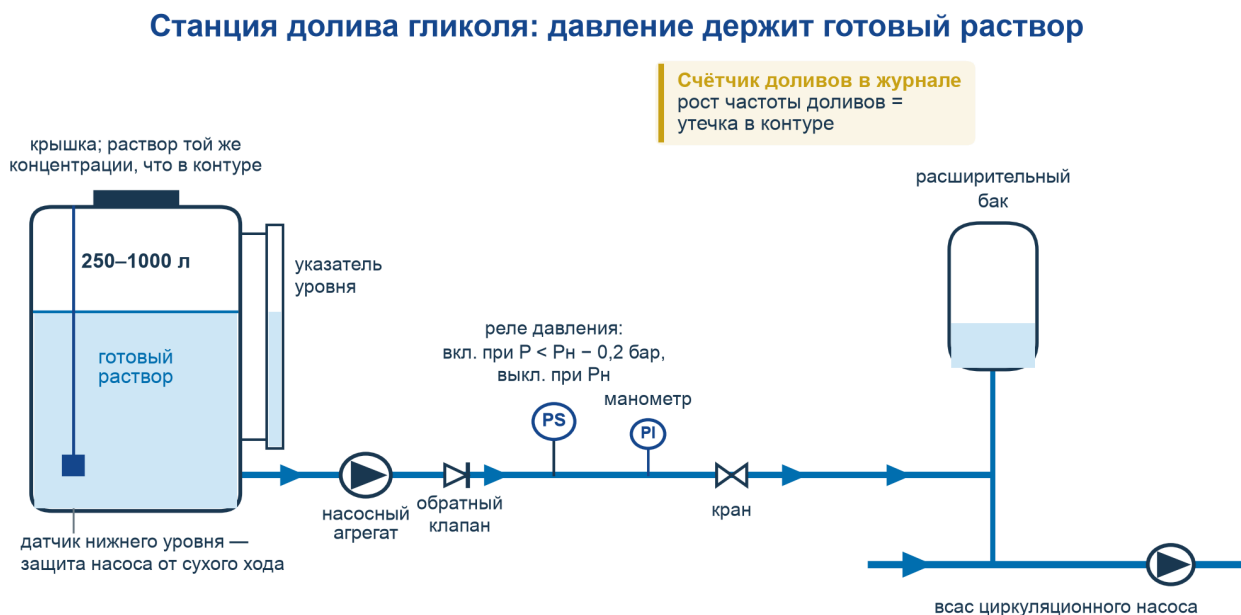
Насосы станций работают в диапазоне напора 20–40 м и расхода 1–8 м³/ч. Насос и вместимость бака можно изменить под объект. Среда — этиленгликоль или пропиленгликоль; пример технического листа: этиленгликоль 40 %, 15 °С, 3 м³/ч, 30 м, 1,1 кВт. Исполнение — для помещения, диапазон температур от 5 до 40 °С.

Базовый состав: бак для гликоля (ёмкость из ПНД), насосный агрегат, шаровые краны, обратный клапан, сливные краны, манометр, реле давления 1–6 бар, реле протока и защита от сухого хода, щит управления, рама. Арматура — ручная или с электроприводом.

Опции: арматура с электроприводом, частотный преобразователь насоса, датчики температуры гликоля, закрытая рама с панелями, кнопка аварийного останова, металлическая ёмкость, расширительный бак, антикоррозионная рама, металлический трубопровод.

Станцию врезают по месту перед чиллером или контуром свободного охлаждения, в точке с минимальным давлением в системе. Схема подключения — раздел 7.

Рисунок 8 Станция долива гликоля: насос подаёт готовый раствор к линии расширительного бака, когда давление в контуре падает ниже уставки



2.4. Водоподготовка NCT и реагенты

Панели химводоподготовки (ХВП) NCT контролируют качество оборотной воды в испарительных системах: градирнях, испарительных конденсаторах. Принцип — измерение электропроводности циркулирующей воды, автоматическая продувка и подпитка, дозирование реагентов. Панель предварительно собрана с трубопроводами для настенного монтажа; у исполнения W2C класс защиты IP65.

Таблица 7 Панели ХВП NCT

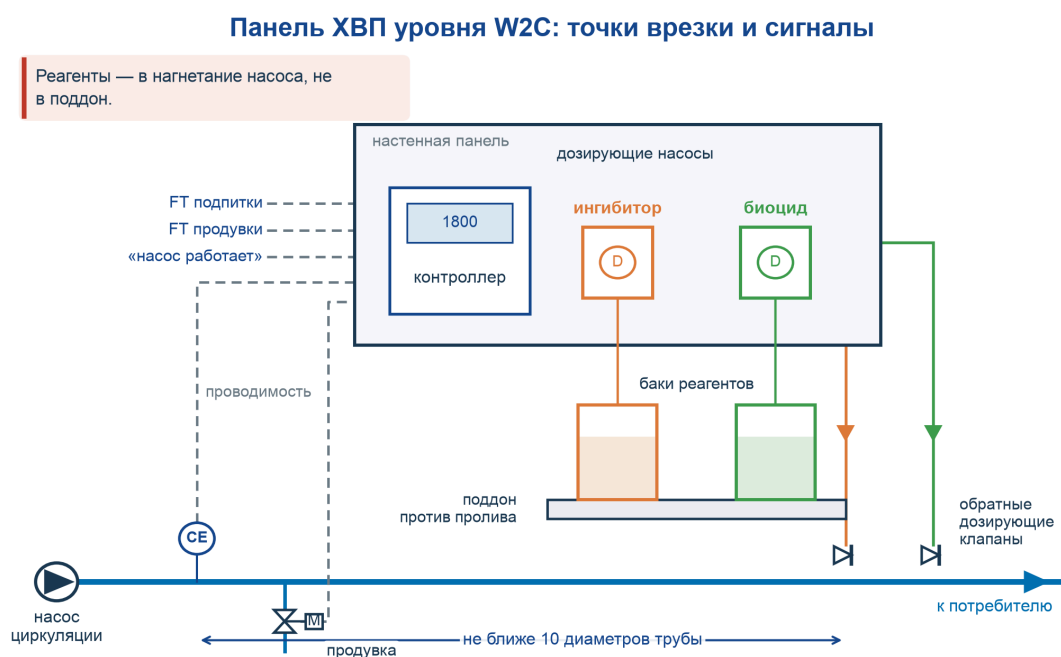
Исполнение	Что делает	Состав
W0C	Контроль солесодержания по проводимости и управление продувкой; без дозирования	Контроллер, соленоидный клапан продувки, калибровочный раствор, распределительный щит
W2C	Продувка по проводимости с блокировкой и автоматическое дозирование ингибитора накипи и коррозии и биоцида	Контроллер, два дозирующих насоса высокого давления, полипропиленовые баки реагентов с поддонами, импульсный измеритель уровня
W3C	Дозирование трёх реагентов, контроль солесодержания, продувка, учёт	Контроллер, три дозирующих насоса, баки реагентов, счётчик-расходомер

Рисунок 9 Панель ХВП NCT исполнения W2C: контроллер проводимости, два дозирующих насоса, клапан продувки



Реагенты — ингибитор накипи и коррозии и биоцид — подбираем только по лабораторному анализу подпиточной воды и опросному листу по системе охлаждения (раздел 3.6). По результатам заказчик получает «Лист рекомендаций по водно-химическому режиму»: марки реагентов, дозы, схему чередования биоцидов, рекомендуемые циклы концентрирования и ограничения. Срок подготовки — 5 рабочих дней с получения полного комплекта документов.

Рисунок 10 Точки врезки панели W2C: датчик проводимости и клапан продувки на напорной линии, реагенты — в нагнетание насоса



2.5. Сводная таблица

Таблица 8 Изделие — задача — диапазон

Изделие	Задача в узле	Диапазон и исполнения
Насосная группа NCT PU	Расход и напор с резервом	16–1560 м ³ /ч и более, 10–100 м; –15...+110 °С; до 16 бар; U, L, линейная обвязка; рама или контейнер «СЕВЕР»
Сборный бак NCT	Буфер, запас воды, выносной бак градирни	1–10 000 м ³ ; оцинковка или нержавеющая сталь; налив
Цельносварной бак NCT	То же, когда цельный бак можно доставить	По опросному листу
Пластиковая ёмкость	Растворы, реагенты, перемешивание	Цилиндрическая, прямоугольная, с мешалкой; налив
Станция долива NCT-SGL	Давление гликолевого контура без разбавления	250–1000 л; насос 1–8 м ³ /ч, 20–40 м
ХВП NCT W0C, W2C, W3C	Солесодержание, накипь, коррозия, биология открытого контура	Продувка; плюс 2 или 3 реагента

Чек-лист раздела 2: изделия выбраны

- ☐ Расход и напор насосной группы укладываются в диапазон, среда и температура — в допустимые.
- ☐ Выбраны тип обвязки (U, L, линейная), комплектация (BC или FC) и тип щита (частотный преобразователь или УПП).
- ☐ Для улицы и Севера рассмотрено исполнение в контейнере.
- ☐ Для бака указаны назначение, материал, опции и требование к вводу и датчикам уровня.
- ☐ Гликолевый контур получил станцию долива подходящей вместимости.
- ☐ Для открытого контура выбрано исполнение ХВП и запущен подбор реагентов по анализу воды.

Правило прохода: изделие считается выбранным, когда на него есть технический лист под ваш режим, а не строка из каталога.

3. Исходные данные

Насосную группу, бак и водоподготовку подбирают по цифрам, которые знает только объект. Пустая строка опросного листа превращается в допущение, и оно всплывает на пуске: насос не даёт расход, бак переливается, реагент не держит накипь.

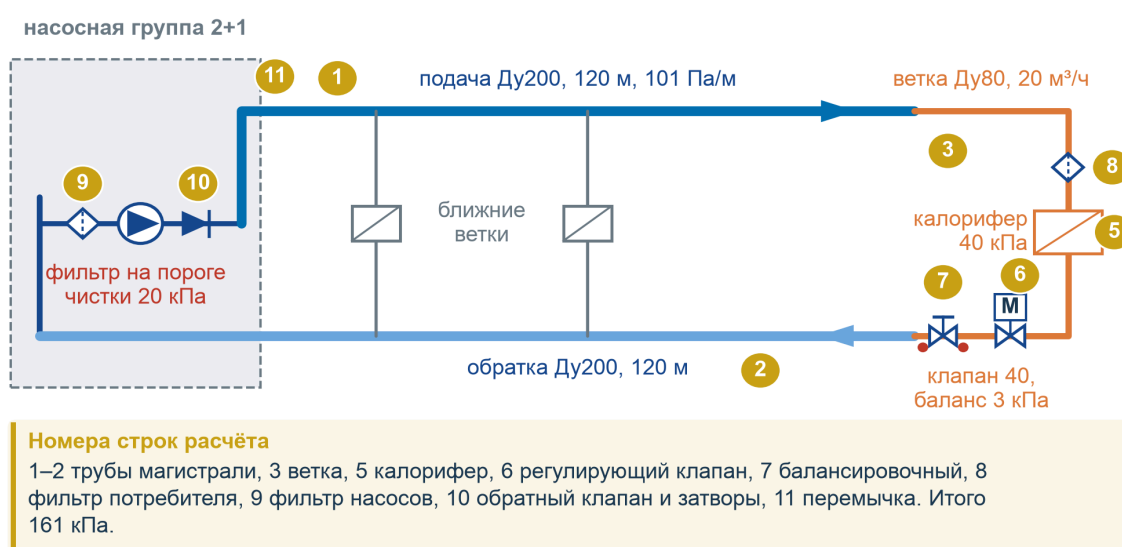
3.1. Расход и напор

Расход указывают максимальный, в м³/ч. Для воды 1 м³/ч на 1 К перепада несёт 1,163 кВт; для гликоля расход на ту же нагрузку больше (раздел 4).

Напор — полезный, в м вод. ст., то есть то, что насосная группа должна отдать в сеть за своими патрубками. Сопротивление самой станции в подборе насоса учитываем мы. Полезный напор считают по самому нагруженному кольцу: трубы, местные сопротивления, аппараты, регулирующая арматура, фильтры на пороге чистки. В открытом контуре добавляют статический подъём от зеркала поддона или бака до оросителя.

Рисунок 11 Напор насоса считают по самому нагруженному кольцу; фильтр в расчёте — на пороге чистки, а не чистый

Расчётное кольцо вторичного контура типового объекта



ВНИМАНИЕ

Напор «на глаз» — главная причина отказов на пуске. Высоту подъёма заказчик видит, а сотни метров трассы с отводами — нет. Насос, подобранный на 5 м там, где сеть требует больше, не даёт расход, и машина уходит в аварию по реле протока. На реконструкции укажите расход и напор существующего насоса.

3.2. Среда, температура и тип контура

- **Среда:** вода, этиленгликоль или пропиленгликоль; для гликоля — концентрация, %.
- **Температура** перекачиваемой жидкости, °С. Насосные группы NCT PU работают от –15 до +110 °С.

- **Тип контура:** открытый или закрытый, есть ли разрыв струи. От этого зависит, входит ли статический подъём в напор и нужен ли расширительный бак.

3.3. Резерв

Укажите, нужен ли резервный насос и сколько рабочих. Базовая схема НСТ — один рабочий и один резервный. Для непрерывных производств резерв обязателен: отказ насоса не должен останавливать охлаждение.

3.4. Электропитание и автоматика

- тип щита: с частотным преобразователем или с плавным пуском;
- ограничение по выделенной электрической мощности, кВт;
- длина кабельной трассы от насосной группы до щита;
- нужна ли диспетчеризация и по какому протоколу.

Электрические характеристики технического листа не предназначены для расчёта кабелей и пускозащитной аппаратуры. Задание на электроснабжение мы выдаём по запросу.

3.5. Место установки

Регион; место — помещение, улица, навес или контейнер; ограничения по габаритам Д × Ш × В и уровню шума (опросный лист даёт диапазон 40–80 дБА). Для баков и ёмкостей добавьте: основание, наземная или подземная установка, температура окружающей среды минимальная и максимальная, прямое воздействие ультрафиолета, проёмы для заноса.

3.6. Анализ воды

Реагенты подбирают под конкретную воду: доза ингибитора зависит от жёсткости, щёлочности и солесодержания, выбор биоцида — от материалов контура, температуры и органики. Поэтому анализ нужен до подбора, а не после пуска. Его выполняет заказчик в любой аккредитованной лаборатории.

Какую воду сдавать. Новая система — одна проба подпиточной воды. Действующая — две: подпиточная и обратная из бассейна градирни при работающем насосе. Если есть водоподготовка — проба после неё в точке ввода в контур, плюс полезна проба исходной воды. Несколько источников — проба по каждому с долями в подпитке.

Таблица 9 Обязательные показатели анализа воды

№	Показатель	Единица	Зачем
1	pH	ед. pH	Склонность к накипи и агрессивность; критичен для оцинковки
2	Жёсткость общая	°Ж (мг-экв/л)	Накипь, доза ингибитора, предельные циклы
3	Кальций Ca ²⁺	мг/л	Карбонатная и сульфатная накипь
4	Магний Mg ²⁺	мг/л	С кремнием даёт почти неудаляемый силикат магния
5	Щёлочность общая	ммоль/л	Индексы стабильности, предельные циклы
6	Удельная электропроводность	мкСм/см	Уставка контроллера продувки
7	Сухой остаток	мг/л	Предел солесодержания циркуляционной воды
8	Хлориды Cl ⁻	мг/л	Коррозия; питтинг нержавеющей стали

№	Показатель	Единица	Зачем
9	Сульфаты SO_4^{2-}	мг/л	Накипь CaSO_4 , не снимаемая кислотной промывкой
10	Железо общее	мг/л	Отложения, питание железобактерий
11	Кремний, с указанием формы Si или SiO_2	мг/л	Ограничивает циклы концентрирования
12	Взвешенные вещества	мг/л	Осадок; укрытие микроорганизмов от биоцида

По ситуации добавляют перманганатную окисляемость (органика), аммоний (обязательно при меди и латуни в контуре), марганец (скважина), медь, нефтепродукты, общее микробное число (действующие системы) и температуру воды при отборе.

ВНИМАНИЕ

Кремний без формы не принимается. Российские лаборатории обычно дают кремний в пересчёте на Si, зарубежные каталоги нормируют SiO_2 . Пересчёт: $\text{мг/л Si} \times 2,14 = \text{мг/л SiO}_2$. Пример: протокол «кремний 8 мг/л» в пересчёте на Si — это $8 \times 2,14 = 17,1$ мг/л SiO_2 . Перепутав форму, вы ошибётесь в предельных циклах больше чем вдвое.

Как отбирать пробу — по ГОСТ Р 59024-2020, микробиологию — по ГОСТ 31942-2012:

- тару и объём (обычно 1,5–2 л) берут в лаборатории; бутылки из-под напитков не годятся;
- подпиточную воду отбирают после водоподготовки до входа в контур, обратную — из бассейна градирни при работающем насосе или из напорного коллектора;
- кран проливают 3–5 минут, тару ополаскивают 2–3 раза (кроме тары с консервантом);
- ёмкость заполняют доверху без воздушного пузыря — это важно для pH и щёлочности;
- пробу доставляют за 6 часов при температуре не выше 25 °C; pH, щёлочность, жёсткость и проводимость определяют в течение 24 часов от отбора.

Протокол. Лаборатория аккредитована, номер аттестата в протоколе; указаны дата, время и точка отбора, методики, единицы и погрешности. Нужен скан или PDF всех страниц; экспресс-тесты и фото фрагмента таблицы не принимаются. Проба должна быть отобрана не ранее чем за месяц до передачи документов: состав воды меняется по сезонам и при переключении источника. Действующего российского документа с числовыми нормами обратной воды нет: СП 340.1325800.2017, п. 5.1.6, задаёт только перечень показателей.

3.7. Опросные листы: что в них критично

Таблица 10 Критичные поля опросных листов

Опросный лист	Без чего подбор не начинаем	Что чаще всего забывают
Насосная группа NCT	Максимальный расход, полезный напор, среда и температура, открытый или закрытый контур, резерв	Комплектация ВС или ФС и ячейка фильтра, тип щита, длина кабельной трассы, место установки, шум, габариты
Сборно-панельный бак NCT	Рабочая среда, рабочий объём, габариты, основание, материал и покрытие	Ду и PN патрубков подпитки, перелива, входа и выхода; подогрев; датчик уровня; ответные фланцы; лестницы
Ёмкость цилиндрическая, прямоугольная, с мешалкой	Назначение, объём, исполнение и тип установки, плотность и химический состав жидкости, pH, температуры жидкости и среды	Ультрафиолет, утепление и обогрев, тип подключения патрубков, датчик уровня; для мешалки — мотор-редуктор и тип перемешивающего устройства

Опросный лист	Без чего подбор не начинаем	Что чаще всего забывают
Станция долива гликоля	Тип гликоля и концентрация, температура, расход и напор насоса, вместимость бака	Место врезки (точка минимального давления), ручная или электрическая арматура, опции
Система охлаждения для подбора реагентов	Объём воды в системе, материалы труб и теплообменников, медь и латунь, режим работы, источник подпитки, куда идёт продувка, пищевое производство и контакт с продукцией	Счётчик подпитки, автоматика продувки, мёртвые зоны, ограничения по сбросу, кто будет вести водно-химический режим

Неизвестный параметр не оставляют пустым: пишут «неизвестно», и мы предложим, как его оценить. Опросный лист подписывает лицо, ответственное за исходные данные: технические характеристики подбора действуют для тех цифр, которые в листе стоят.

Чек-лист раздела 3: исходные данные собраны

- ☐ Расход максимальный, напор полезный и посчитан по кольцу, а не «на глаз»; для реконструкции записаны данные существующего насоса.
- ☐ Указаны среда, концентрация гликоля, температура и тип контура (открытый или закрытый, разрыв струи).
- ☐ Определены схема резерва, тип щита, выделенная мощность и длина кабельной трассы.
- ☐ Записаны место установки, климат, габариты, шум; для баков — основание, проёмы, ультрафиолет.
- ☐ Для открытого контура есть протокол анализа подпиточной воды: 12 обязательных показателей, кремний с указанием формы, проба не старше месяца.
- ☐ Заполнен опросный лист по системе охлаждения: объём, материалы, медь и латунь, продувка.
- ☐ Все опросные листы заполнены без пустых строк и подписаны.

Правило прохода: нет протокола анализа воды — реагенты не подбираются; нет полезного напора по кольцу — насос не подбирается.

4. Расчёты с примерами

Насосную станцию подбирают по пяти числам: расход, напор, кавитационный запас, объём контура и давления. Раздел считает их по порядку на одном объекте, а короткие примеры добавляет там, где сквозной показывает не всё. Везде: 1 м³/ч воды на 1 К перепада несёт 1,163 кВт; давления избыточные, если не написано «абс.».

Сквозной пример. Производственный корпус, технологическое охлаждение круглый год. Две машины водяного охлаждения NWCV 65-1 по каталогу NCT 2026: по 229 кВт холода и 37,5 кВт потребляемой мощности, испаритель 39 м³/ч при выходе 7 °С, конденсатор 49 м³/ч при входе 30 °С. Контур конденсаторов открытый: градирня сливает воду самотёком в бак в тёплой насосной, насосная станция берёт воду из бака (схема — раздел 5.4). Контур холодной воды закрытый, с мембранным баком (раздел 5.5). Площадка на высоте 200 м над уровнем моря. Всё, чего нет в каталоге, — допущения примера; в проекте эти строки берут из листов данных выбранного оборудования.

4.1. Расход по нагрузке и перепаду

$G = Q / (c \cdot \rho \cdot \Delta t)$; для воды $G = Q / (1,163 \cdot \Delta t)$, м³/ч, где Q в кВт, Δt в К.

Контур конденсаторов. Конденсатор отдаёт наружу холод плюс мощность компрессора (подробно — в руководстве ЭХ-АРМ003-RU «Чиллеры NCT», раздел 4.3).

1. Тепло: $2 \cdot (229 + 37,5) = 533$ кВт. 2. Расход по каталогу: $2 \cdot 49 = 98$ м³/ч. 3. Перепад: $\Delta t = 533 / (1,163 \cdot 98) = 4,7$ К, вода 30 → 34,7 °С.

Контур холодной воды. $2 \cdot 39 = 78$ м³/ч; проверка перепада: $458 / (1,163 \cdot 78) = 5,05$ К.

Итог. Станция контура градирни — 98 м³/ч, станция холодной воды — 78 м³/ч. Станцию градирни считают по теплу конденсатора, а не по холоду: «по холоду» (458 кВт) она недодаст 14 % расхода.

Таблица 11 Расход воды на 100 кВт при разном перепаде

Перепад, К	3	5	7	10
Расход на 100 кВт, м³/ч	28,7	17,2	12,3	8,6

Вдвое меньший перепад — вдвое больший расход, вчетверо большие потери в той же трубе и в восемь раз большая мощность насоса. Перепад фиксируют до расчёта станции и сверяют с листом данных машины.

4.2. Гидравлический расчёт кольца и требуемый напор

Закрытый контур. Насос преодолевает только сопротивление самого нагруженного кольца: столб в подаче уравновешен столбом в обратке, статику держит расширительный бак. Кольцо складывают из пяти групп: трубы, местные сопротивления ($\Delta P = \Sigma \zeta \cdot \rho v^2 / 2$), аппараты по паспорту при расчётном расходе и среде, арматура с K_v ($\Delta P, \text{бар} = (V / K_v)^2$) и фильтры на пороге чистки, а не чистые. Полный пример закрытого кольца — в руководстве ЭХ-АРМ003-RU, раздел 4.4.

Открытый контур. К тем же группам добавляются две строки, которых в закрытом контуре нет:

- **статический подъём** — от минимального уровня в баке или поддоне до входа в распределение градирни; вода падает в атмосферу, и насос каждый раз поднимает её заново;

- **давление на входе в распределение** — в типовых схемах обвязки NCT закладывают 15–20 кПа; точная цифра — по данным выбранной модели градирни.

Что такое «полезный напор». В опросном листе на насосную группу NCT стоит строка «полезный напор, м вод. ст.» — это напор на сеть за фланцами станции. Внутреннее сопротивление самой станции (коллекторы, затворы, обратные клапаны, гибкие вставки, фильтры комплектации) завод учитывает при подборе насоса. Отсюда две ошибки: заложить сопротивление станции дважды — в полезный напор и в подбор — или забыть то, что стоит вне станции, например самопромывной фильтр на нагнетании.

Пример: контур конденсаторов, 98 м³/ч.

Дано. Пол насосной ±0,000. Минимальный уровень в баке +1,10, ось насосов +0,40. Вход в распределение градирни +7,30 (для арифметики; реальная отметка — по габаритному чертежу модели). Всас от бака до станции DN200, 6 м. Нагнетание DN150 до конденсаторов и дальше до градирни — 65 м. Ветка к каждому конденсатору DN125, 20 м (подвод и отвод). Удельные потери по формуле Дарси — Вейсбаха при шероховатости стали в эксплуатации 0,2 мм: DN200 при 0,81 м/с — 34 Па/м; DN150 при 1,54 м/с — 176 Па/м; DN125 при 1,11 м/с и 49 м³/ч — 117 Па/м. Обратная линия от градирни к баку самотёчная и в напор насоса не входит.

Таблица 12 Сопротивление кольца контура конденсаторов

№	Составляющая	Как получили	кПа
1	Всас DN200 с местными	6 м · 34 Па/м + $\Sigma \zeta = 1,7 \cdot 0,33$ кПа	0,8
2	Нагнетание DN150	65 м · 176 Па/м	11,4
3	Местные сопротивления нагнетания	$\Sigma \zeta = 8 \cdot 1,19$ кПа	9,5
4	Ветка DN125 к конденсатору	20 м · 117 Па/м	2,3
5	Местные сопротивления ветки	$\Sigma \zeta = 6 \cdot 0,62$ кПа	3,7
6	Конденсатор	лист данных (для примера)	50,0
7	Фильтр на нагнетании	на пороге чистки (чистый — 15)	30,0
8	Балансировочный клапан у конденсатора	минимум для измерения	5,0
9	Трёхходовой клапан байпаса градирни	по авторитету (для примера)	20,0
10	Давление на входе в распределение	типовая схема NCT	20,0
11	Статический подъём	(7,30 – 1,10) м = 6,2 м	60,8
Полезный напор на сеть			213,5

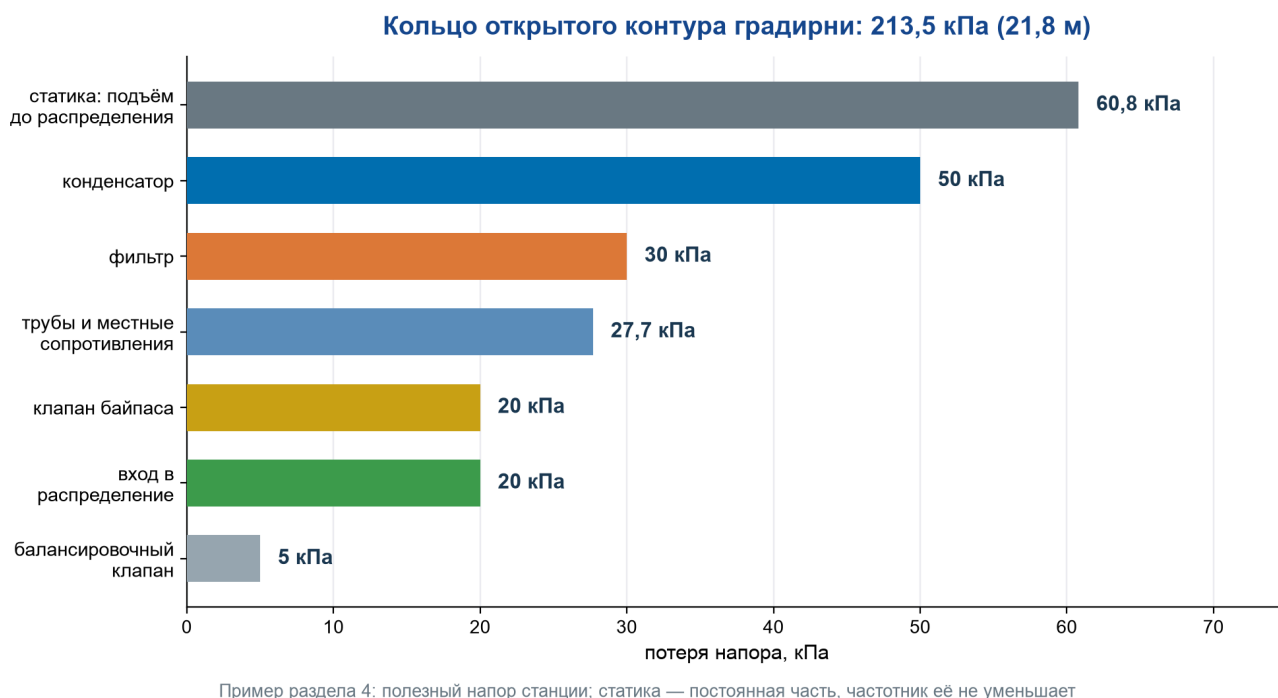
Проверка. Статика — 28 % напора, конденсатор — 23 %, фильтр — 14 %, трубы с местными сопротивлениями — 13 %. Два признака неудачной компоновки: трасса больше трети напора — завышены скорости; статика больше половины — градирня стоит слишком высоко или бак слишком низко.

Итог. В опросный лист: **98 м³/ч, полезный напор 21,8 м (213,5 кПа)**. Если внутреннее сопротивление станции по данным изготовителя 15 кПа (для примера), насос выйдет на 228,5 кПа, около **23,3 м**. Таблица кольца — приложение к опросному листу: без неё станцию подбирают вслепую.

Каждый метр статики на этом расходе стоит $9,81 \cdot (98 / 3600) / 0,75 = 0,36$ кВт при КПД агрегата 0,75 — все часы работы станции. Поэтому разницу отметок «поддон — бак» и «бак — распределе-

ние» решают компоновкой, а не насосом (раздел 9).

Рисунок 12 Из чего складывается напор насосной станции открытого контура: статика и конденсатор — половина, трубы — восьмая часть

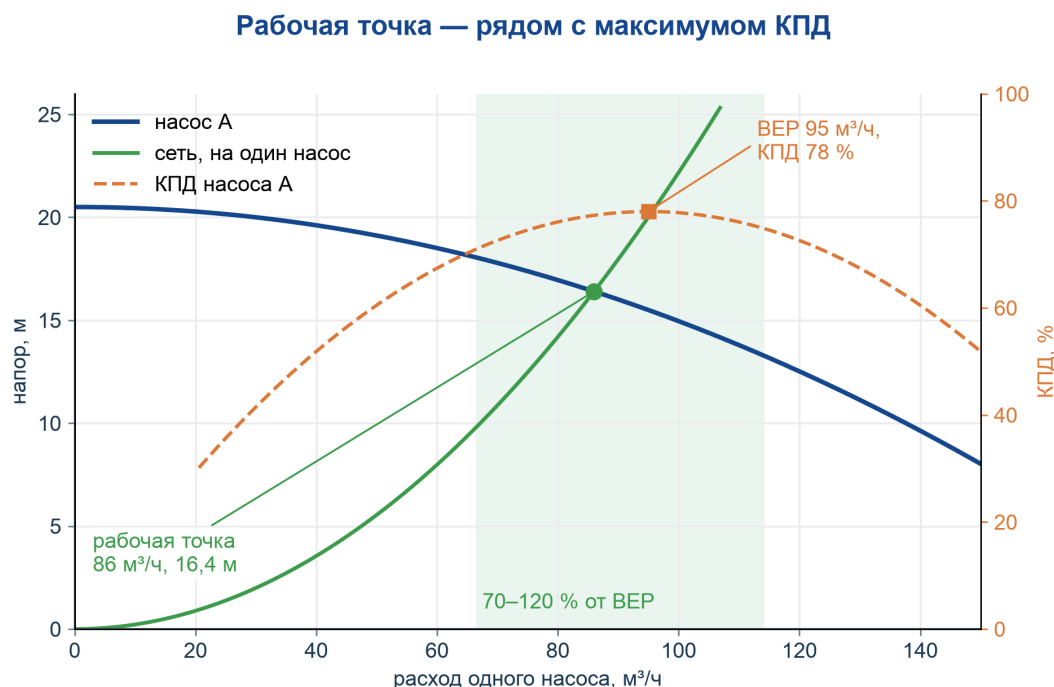


4.3. Рабочая точка, КПД и запас по напору

Рабочая точка — пересечение кривой насоса и кривой сети. Её кладут рядом с точкой максимального КПД (best efficiency point, BEP): предпочтительная зона по ANSI/HI 9.6.3 — 70–120 % расхода в этой точке. Левее — рециркуляция в колесе, нагрев и вибрация; правее — растут мощность и требуемый кавитационный запас.

Мощность в примере. Гидравлическая: $N_{г} = \rho \cdot g \cdot G \cdot H = 9,81 \cdot (98 / 3600) \cdot 23,3 = 6,2 \text{ кВт}$; на валу при КПД насоса 0,75 — **8,3 кВт**. Насос, выбранный «побольше» и работающий левее зоны, с КПД 0,62 вместо 0,75 возьмёт на валу $6,2 / 0,62 = 10,0 \text{ кВт}$ — на 1,7 кВт больше на каждом рабочем агрегате.

Рисунок 13 Рабочая точка должна лечь в зону 70–120 % расхода максимального КПД (пример закрытого контура: 86 м³/ч на насос, 16,4 м)

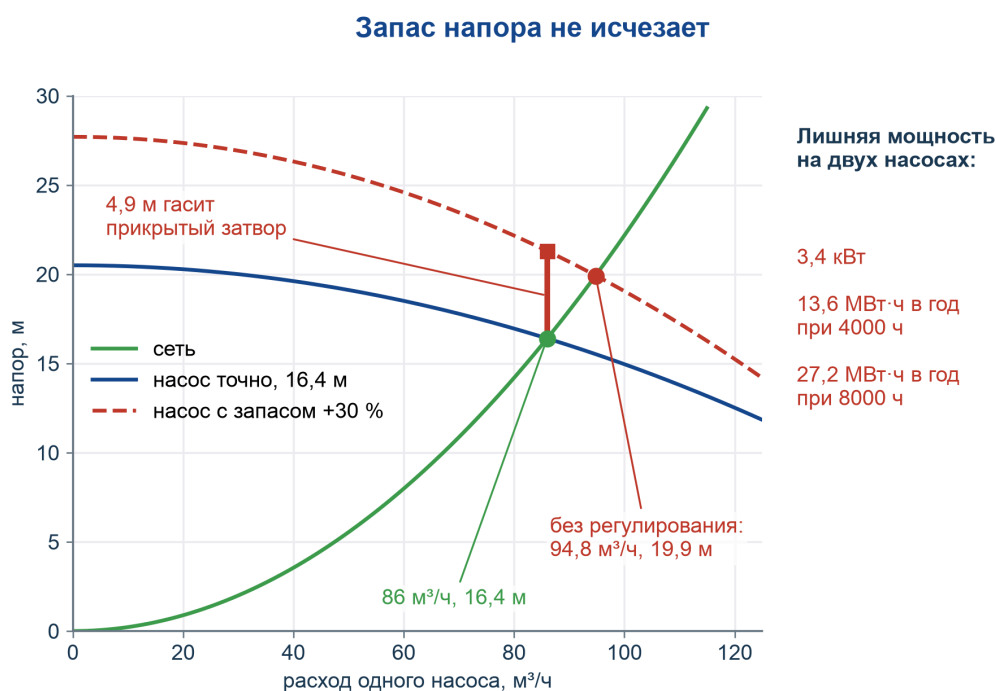


Кривая сети открытого контура не идёт из нуля. У закрытого контура $H = k \cdot G^2$, у открытого $H = H_{\text{ст}} + k \cdot G^2$. В примере: $H = 6,2 + 17,1 \cdot (G / 98)^2$, м. Отсюда два следствия для частотного регулирования:

1. Экономия меньше, чем по закону подобия. На половине расхода сеть требует $6,2 + 17,1 \cdot 0,25 = 10,5$ м; гидравлическая мощность $9,81 \cdot (49 / 3600) \cdot 10,5 = 1,4$ кВт — 22 % от полной, а не 12,5 %, как дал бы куб расхода. 2. Есть нижняя граница скорости. Насос, который на минимальной частоте не поднимает воду на 6,2 м с давлением на распределении, перестаёт подавать её в градирню. Минимальную частоту задают по статике и по минимальному расходу на секцию градирни, который даёт её производитель.

Запас по напору. Процент «на всякий случай» не добавляют: честное кольцо уже содержит запас — фильтры на пороге чистки, шероховатость трубы в эксплуатации, клапаны по авторитету. Лишние метры насос отработает сдвигом вправо по кривой (больше мощность, меньше кавитационный запас) или их погасит прикрытый затвор.

Рисунок 14 Запас напора не исчезает: его гасит прикрытый затвор, или насос уходит вправо и гонит лишнюю воду



4.4. Резерв: 1 + 1, 2 + 1 и насос на машину

Резерв закладывают так, чтобы отказ одного насоса не снимал охлаждение с объекта. Для контура конденсаторов из примера есть три варианта.

Таблица 13 Варианты резерва для станции 98 м³/ч

Вариант	Насосы	Установленная подача	Что важно
1 + 1	2 по 98 м³/ч	200 %	Типовая насосная группа NCT: рабочий и резервный, автоматическое переключение по аварии
2 + 1	3 по 49 м³/ч	150 %	На частичной нагрузке работает один насос; нужна отсечка конденсатора остановленной машины
Насос на машину + общий резерв	3 по 49 м³/ч	150 %	Пара «машина + насос» включается вместе; резерв подключается перемычками

Крайняя правая точка. Два параллельных насоса без частотника, один отключился. Кривая насоса (для примера): напор на закрытую задвижку в 1,25 раза выше расчётного, 29,1 м; $H = 29,1 - 0,00243 \cdot G^2$. Сеть: $H = 6,2 + 0,00178 \cdot G^2$.

1. Пересечение: $22,9 = 0,00421 \cdot G^2 \rightarrow G = 73,8 \text{ м}^3/\text{ч}$, $H = 15,9 \text{ м}$. 2. Оставшийся насос даёт 151 % своей расчётной подачи. 3. Системе достаётся 75 % расхода.

Итог. Двигатель подбирают без перегрузки по всей кривой (non-overloading) или ограничивают правую точку частотником и логикой. Кавитационный запас проверяют именно на 73,8 м³/ч, а не на 49 (раздел 4.5).

Ловушка схемы 2 + 1. Ночью работает одна машина и один насос, но задвижка на конденсаторе остановленной машины открыта. Насос уходит на те же 73,8 м³/ч, и они делятся пополам: работающий конденсатор получает 36,9 м³/ч — 75 % паспортного расхода. Давление конденсации

растёт, машина уходит в аварию в первый жаркий день. Решение — отсечной клапан с приводом на каждом конденсаторе, который закрывается вместе с остановом машины, или схема «насос на машину».

Насосные группы NCT выпускаются на 16–1560 м³/ч и 10–100 м вод. ст. Правила параллельной работы — раздел 5.3.

4.5. Кавитационный запас (NPSH): насос из бака или поддона

Насос открытого контура берёт воду из ёмкости под атмосферным давлением, и кавитационный запас (NPSH, net positive suction head) здесь — ограничение компоновки. Насос характеризует требуемый запас NPSH_r, система даёт располагаемый NPSH_a:

$$NPSH_a = (p_{\text{атм}} - p_{\text{п}}) / (\rho \cdot g) + z - h_{\text{вс}},$$

где $p_{\text{атм}}$ — атмосферное давление на высоте площадки; $p_{\text{п}}$ — давление насыщенного пара при температуре воды; z — превышение минимального уровня над осью насоса (минус, если насос выше); $h_{\text{вс}}$ — все потери на всасе, включая сетки и фильтры.

Считают худший режим, а не расчётный. Складывают четыре ухудшения: самая тёплая вода, которая может прийти в бак (в том числе по зимнему байпасу); минимальный уровень, а не рабочий; фильтр на всасе, если он есть, на пороге чистки; наибольший расход — один насос из двух после отказа соседа.

Пример. Бак из раздела 4.2: минимальный уровень +1,10, ось насосов +0,40, $z = +0,70$ м. Вода 35 °C: $p_{\text{п}} = 5,63$ кПа, $\rho = 994$ кг/м³. Площадка 200 м: $p_{\text{атм}} = 101,325 \cdot (1 - 2,256 \cdot 10^{-5} \cdot 200)^{5,256} = 98,9$ кПа. Потери во всасе до станции — 0,08 м (строка 1 таблицы), во всасывающей части станции без фильтра — 0,30 м (для примера, по данным изготовителя станции). NPSH_r насоса (для примера): 3,5 м при 49 м³/ч и 6,0 м при 73,8 м³/ч — в крайней правой точке из раздела 4.4. Запас NPSH_a над NPSH_r в примере — 1 м; требование даёт изготовитель насоса, методика — ANSI/HI 9.6.1.

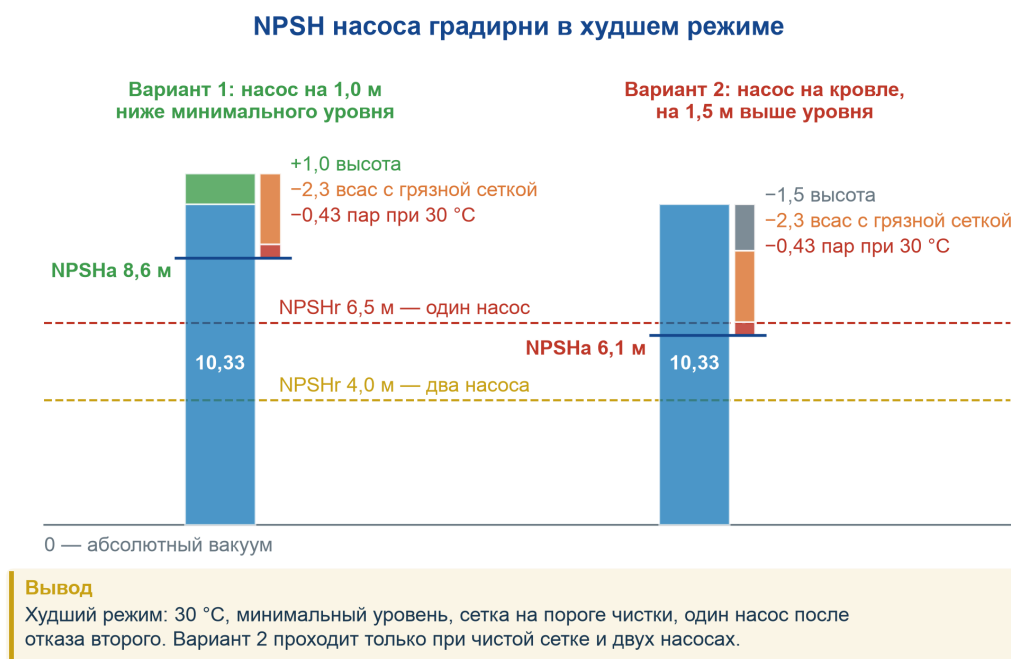
1. Атмосфера минус пар: $(98,9 - 5,63) / (994 \cdot 9,81) = 9,57$ м. 2. Вариант А, во всасе только труба и затвор: $NPSH_a = 9,57 + 0,70 - 0,08 - 0,30 = 9,89$ м. Запас в правой точке $9,89 - 6,0 = 3,9$ м. Проходит. 3. Вариант Б, тонкий сетчатый фильтр на всасе каждого насоса, на пороге чистки 30 кПа (3,08 м): $NPSH_a = 6,81$ м. В расчётной точке запас 3,3 м, в правой — 0,81 м, меньше принятого 1 м. Не проходит. 4. Вариант В, насосы на 1,5 м выше минимального уровня: $NPSH_a = 7,69$ м — по запасу проходит, но насос выше воды не заполняется сам после слива или завоздушивания.

Итог. Насосы — под залив, ниже минимального уровня, во всасе только труба. Вариант Б проходит пусконаладку на чистом фильтре и начинает кавитировать к середине лета, когда фильтр забит, вода тёплая, а один насос в ремонте. Тонкий фильтр ставят на нагнетание; на всасе допускают только крупная сетка с ячейкой 4,8–6,4 мм и малым перепадом. В опросном листе NCT это строка «размер ячейки фильтра» — заполняйте её с учётом того, где фильтр стоит.

Погружение выхода из бака. Даже при хорошем NPSH_a над выходом закручивается воронка, и воздух идёт в колесо. Минимальное погружение по ANSI/HI 9.8: $S = D \cdot (1 + 2,3 \cdot Fr)$, $Fr = v / \sqrt{g \cdot D}$. Выход DN200 при 98 м³/ч: $v = 0,81$ м/с, $Fr = 0,57$, $S = 0,48$ м. В примере ось выхода на +0,40, минимальный уровень на +1,10 — погружение 0,70 м, проходит. Выход DN150 потребовал бы 0,59 м: чем меньше патрубков, тем глубже должна стоять вода.

На каждые 1000 м высоты NPSH_a меньше примерно на 1,2 м. Насос из поддона градирни и объём бака по слоям — в руководстве ЭХ-АРМ002-RU «Градирни NCT», разделы 4.3 и 4.4.

Рисунок 15 Кавитационный запас проверяют в худшем режиме: тёплая вода, низкий уровень, забитая сетка на всасе и один насос вместо двух (пример: насос у поддона градирни)



Закрытый контур. Запас здесь даёт давление у всаса, которое держит расширительный бак. При давлении заполнения 2,4 бар (раздел 4.7) и воде 12 °C NPSHa около 34 м — кавитация в закрытом контуре почти всегда означает бак не у всаса, закрытый кран бака или упавшее давление.

4.6. Объём системы и буферный бак

Малый объём на малой нагрузке — частые пуски компрессора. Главный документ — лист данных машины: есть там минимальный объём — проект берёт его. Нет — запрашивают у производителя, а до ответа считают двумя способами и берут больший.

По частоте пусков (не больше 6 в час, цикл не короче 10 минут):

$$V_{\min} = (Q_{\text{ст}} / 2) \cdot (\tau_{\text{ц}} / 2) / (c \cdot \rho \cdot \Delta t_{\text{г}}), \text{ м}^3,$$

где $Q_{\text{ст}}$ — наименьшая ступень станции, кВт; $\tau_{\text{ц}}$ — минимальный цикл, с; $\Delta t_{\text{г}}$ — гистерезис регулятора, К; $c \cdot \rho = 4190 \text{ кДж}/(\text{м}^3 \cdot \text{К})$.

По времени оборота (loop time): объём = расход × время; по данным производителей для современных машин — не меньше 2 минут.

Эффективный объём — только вода, которая на малой нагрузке возвращается к машине: при трёхходовых клапанах почти вся сеть, при двухходовых — машинный зал и перепуск.

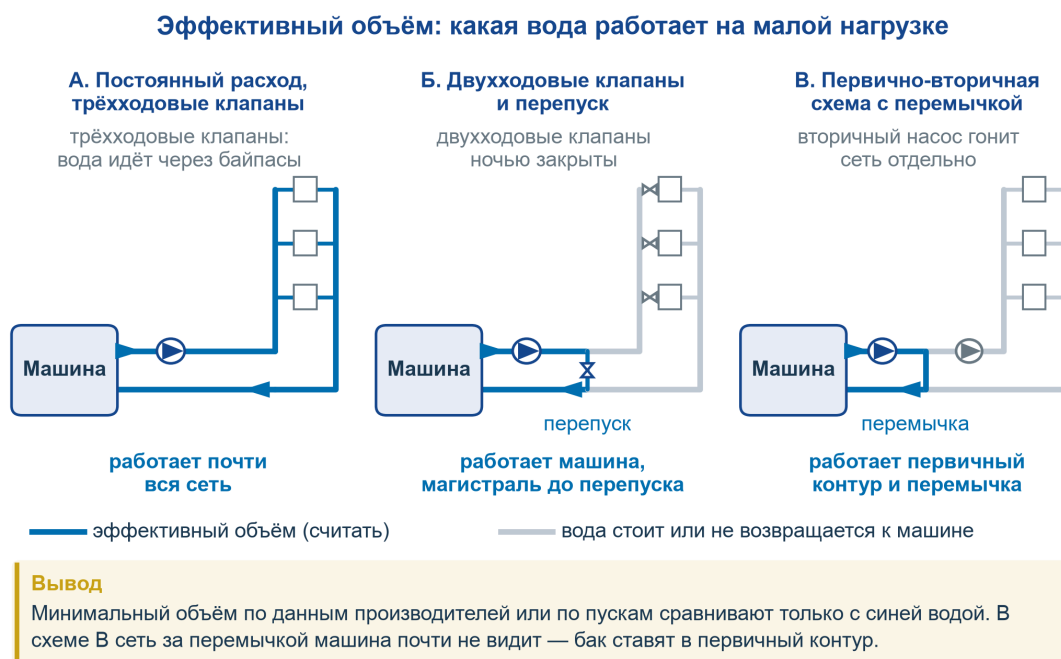
Пример: контур холодной воды. Минимальная устойчивая загрузка машины — 25 % (допущение примера), $Q_{\text{ст}} = 0,25 \cdot 229 = 57,25 \text{ кВт}$. Гистерезис 2 К, цикл 600 с. Объёмы: магистраль DN150 2 · 80 м (17,7 л/м) — 2,83 м³; трубы машинного зала DN125 30 м (12,3 л/м) — 0,37 м³; испарители 2 · 0,05 м³ (допущение); теплообменники потребителей 0,80 м³ (допущение). Всего **4,10 м³**.

1. По пускам: $V = (57,25 / 2) \cdot 300 / (4190 \cdot 2) = 1,02 \text{ м}^3$. 2. По времени оборота одной машины: $39 \cdot 2 / 60 = 1,30 \text{ м}^3$. Требование — 1,30 м³. 3. Вариант с трёхходовыми клапанами: эффективный объём 4,10 м³ больше требуемого, бак не нужен. Проверка: $\tau = 4 \cdot 4,10 \cdot 4190 \cdot 2 / 57,25 = 2400 \text{ с}$ — 1,5 пуска

в час. 4. Вариант с двухходовыми клапанами и перепуском у станции: эффективный объём $0,37 + 0,10 = 0,47 \text{ м}^3$. Бак: $1,30 - 0,47 = 0,83 \rightarrow 1,0 \text{ м}^3$ на обратке перед насосами. Проверка: $\tau = 4 \cdot 1,47 \cdot 4190 \cdot 2 / 57,25 = 861 \text{ с} = 4,2$ пуска в час; оборот $1,47 / 39 \cdot 60 = 2,3$ мин.

Итог. Один и тот же контур требует бак или не требует его в зависимости от клапанов у потребителей. Бак ставят на обратку, последовательно, вход и выход с разных сторон, с перегородкой для перемешивания, в изоляции. Бак на тупиковом отводе не работает. Подробно о методиках и баке-аккумуляторе под пики технологии — ЭХ-АРМ003-RU, раздел 4.5.

Рисунок 16 Эффективный объём: на малой нагрузке машина видит только ту воду, что возвращается к ней за минуты



4.7. Расширительный мембранный бак: объём и начальное давление

Здесь, в отличие от раздела 4.6, считают весь объём контура. Верхняя температура — та, до которой контур прогреется **на остановке** (помещение, кровля), а не график 7/12 °С.

- расширение: $V_e = V_c \cdot (\rho_{\text{хол}} / \rho_{\text{гор}} - 1)$; для воды $4 \rightarrow 35 \text{ °С} = 0,60 \%$;
- преднастройка газа: $P_0 = H_{\text{ст}} / 10,2 + \Delta P_{\text{зап}}$; запас около 0,35 бар держит положительное давление в верхней точке;
- конечное давление P_e — уставка предохранительного клапана минус 0,5 бар;
- номинальный объём: $V_n = (V_e + V_{\text{зап}}) \cdot (P_e + 1) / (P_e - P_0)$, где $V_{\text{зап}}$ — запас воды в баке;
- давление заполнения: $P_a = (P_0 + 1) \cdot V_n / (V_n - V_{\text{зап}}) - 1$.

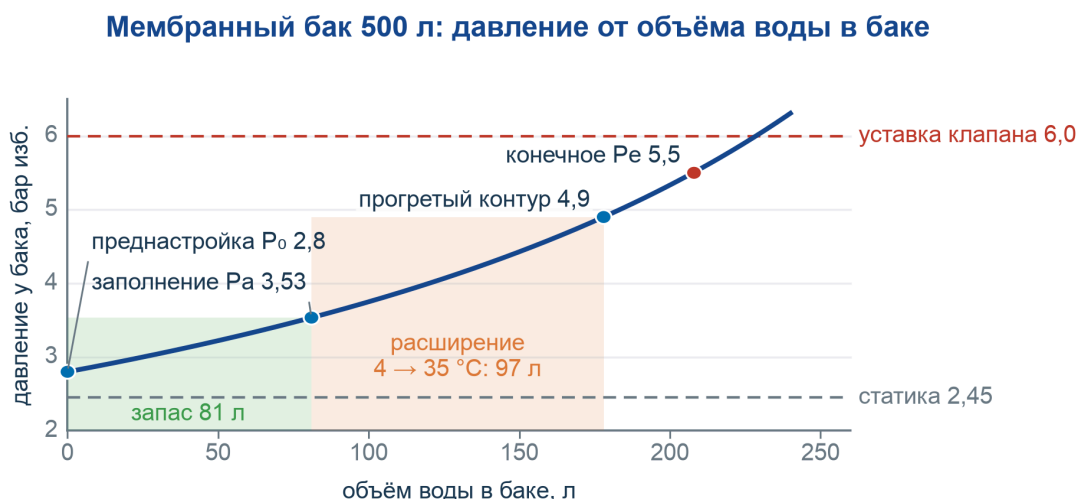
Пример: контур холодной воды, вариант с трёхходовыми клапанами. $V_c = 4,10 \text{ м}^3$, вода $4 \rightarrow 35 \text{ °С}$, верхняя точка на 12 м выше бака, предохранительный клапан 6,0 бар, запас воды 0,5 % (допущение примера).

1. $V_e = 4100 \cdot 0,0060 = 24,6 \text{ л}$; $V_{\text{зап}} = 4100 \cdot 0,005 = 20,5 \text{ л}$. 2. $P_0 = 12 / 10,2 + 0,35 = 1,53 \text{ бар}$; $P_e = 6,0 - 0,5 = 5,5 \text{ бар}$. 3. $V_n = (24,6 + 20,5) \cdot 6,5 / (5,5 - 1,53) = 74 \text{ л} \rightarrow$ типоразмер **80 л**. 4. $P_a = 2,53 \cdot 80 / (80 - 20,5) - 1 = 2,40 \text{ бар}$.

Проверка. Прогретый контур: в баке 45,1 л, давление $2,53 \cdot 80 / (80 - 45,1) - 1 = 4,80$ бар. Лестница давлений: $1,53 < 2,40 < 4,80 < 5,5 < 6,0$. В верхней точке холодного контура остаётся $2,40 - 1,18 = 1,22$ бар. Нагнетание: к 5,5 бар прибавляется напор насоса на закрытую задвижку; при напоре 20 м это около $1,25 \cdot 20 = 25$ м, 2,45 бар, итого 7,95 бар. Расчётное давление водяной стороны NWCV по каталогу NCT 2026 — 1,0 МПа, рабочее давление насосных станций NCT PU(L) — до 16 бар: проходит.

Итог. Мембранный бак 80 л у всаса насосов, в точке нулевого давления (point of no pressure change); преднастройка 1,5 бар, давление заполнения и уставка подпитки 2,4 бар, клапан 6,0 бар. Все четыре цифры — на схему и в спецификацию: заводская преднастройка почти никогда не совпадает с расчётной. Гидроиспытания по СП 73.13330.2016 проводят с отключёнными расширительными баками. Гликоль расширяется сильнее воды, и бак гликолевого контура на кубометр объёма почти втрое больше (раздел 7; ЭХ-АРМ003-RU, раздел 4.6).

Рисунок 17 Мембранный бак работает только между преднастройкой и конечным давлением (пример: бак 500 л, статика 25 м)



Закон Бойля — Мариотта

$P = (P_0 + 1) \cdot V_n / (V_n - V_{\text{вода}}) - 1$. Бак работает между P_0 и P_e ; при статике 25 м и клапане 6 бар используется только 42 % его объёма.

У открытого контура градирни расширительного бака нет: его роль играет бак или поддон под атмосферой. В больших закрытых контурах с высокой статикой мембранные баки разрастаются до кубометров, и вместо них ставят установку поддержания давления — её параметры задают в опросном листе (раздел 10).

4.8. Подпитка

Закрытый контур: заполнение. Контур $4,10 \text{ м}^3$ заполнить за 4 часа — $1,03 \text{ м}^3/\text{ч}$. DN25: $v = 1,03 / 3600 / 0,000491 = 0,58 \text{ м/с}$; DN20 дал бы $0,91 \text{ м/с}$. Линия заполнения — DN25.

Закрытый контур: подпитка в работе. Закрытый контур не должен «пить» воду. Критерий для проекта: суточный объём подпитки не больше запаса воды в расширительном баке — в примере **20 л в сутки**. Это уставка тревоги по водомеру с импульсным выходом: больше — течь, а не норма.

Открытый контур: подпитка бака. Летний максимум испарения — 0,18 % расхода на 1 К: $E = 0,0018 \cdot 98 \cdot 4,7 = 0,83 \text{ м}^3/\text{ч}$. Проверка по теплу: $533 / 2430 = 0,22 \text{ кг/с} = 0,79 \text{ м}^3/\text{ч}$ — сходится. При циклах концентрирования $N = 4$ (для примера; допустимые циклы — по анализу воды, раздел 8):

1. Подпитка: $M = E \cdot N / (N - 1) = 0,83 \cdot 4 / 3 = 1,1 \text{ м}^3/\text{ч}$. 2. Продувка с уносом: $E / (N - 1) = 0,28 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Клапан подпитки подбирают на летний максимум с запасом, а перелив бака — на полный расход этого клапана при остановленном насосе (ЭХ-АРМ002-RU, разделы 4.2 и 4.4).

Гликолевый контур подпитывают только готовым раствором той же концентрации — станцией долива. Станции долива гликоля NCT-SGL выпускаются с баком 250, 500, 750 и 1000 л; насос на 1–8 м³/ч при напоре 20–40 м, реле давления 1–6 бар. Станцию врезают в точке с минимальным давлением системы. Напор её насоса должен превышать давление заполнения: для 2,4 бар это $2,4 \cdot 10,2 = 24,5 \text{ м}$, значит насос на 30 м подходит, на 20 м — нет.

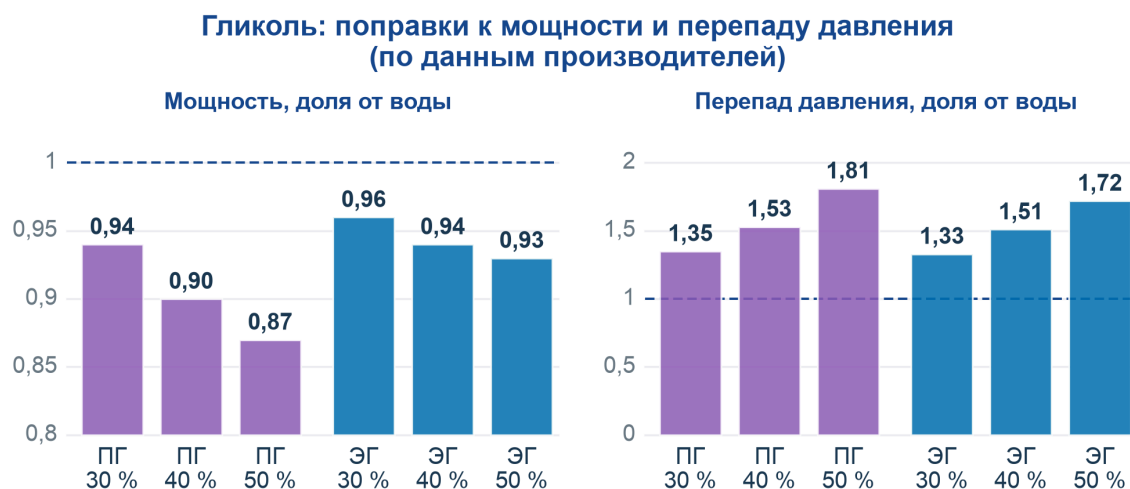
4.9. Поправки на гликоль: расход, напор, мощность насоса

Пусть контур холодной воды из примера переводят на пропиленгликоль 40 %. Для показа метода примем $c = 3,75 \text{ кДж/(кг·К)}$ и $\rho = 1035 \text{ кг/м}^3$; в проекте — из таблицы изготовителя раствора. По данным производителей чиллеров при 7 °С на выходе пропиленгликоль 40 % даёт мощность 0,90 и перепад давления 1,53 от водяного.

1. Расход, вода: $458 / (4,19 \cdot 1000 \cdot 5) \cdot 3600 = 78,7 \text{ м}^3/\text{ч}$. Раствор: $458 / (3,75 \cdot 1035 \cdot 5) \cdot 3600 = 85,0 \text{ м}^3/\text{ч}$, на 8 % больше. 2. Сопротивление кольца: перепад растёт и от вязкости, и от расхода — $1,53 \cdot 1,08^2 = 1,78$ от водяного. Кольцо 20 м на воде (196 кПа) становится $196 \cdot 1,78 = 349 \text{ кПа}$. 3. Гидравлическая мощность: на воде $0,0219 \text{ м}^3/\text{с} \cdot 196 \text{ кПа} = 4,3 \text{ кВт}$; на растворе $0,0236 \text{ м}^3/\text{с} \cdot 349 \text{ кПа} = 8,2 \text{ кВт}$, почти вдвое. 4. Холод машин: $458 \cdot 0,90 = 412 \text{ кВт}$ — машины пересчитывают на раствор, а не берут «с запасом».

Напор в опросном листе — в кПа или с указанием жидкости. 349 кПа — это $349 / (1,035 \cdot 9,81) = 34,4 \text{ м}$ столба раствора и 35,6 м водяного столба. Насосные группы NCT PU(L) работают на водных растворах этилен- и пропиленгликоля при –15...+110 °С, но в опросном листе должны стоять тип жидкости, концентрация и температура. Концентрацию берут минимально достаточную: 50 % вместо 40 % добавляет насосу ещё почти пятую часть напора (1,81 против 1,53). Выбор концентрации — раздел 7.

Рисунок 18 Поправки на гликоль к холодопроизводительности и перепаду давления: пропиленгликоль (ПГ) и этиленгликоль (ЭГ) 30–50 % при 7 °C на выходе



Как применять

Данные для холодного контура (7 °C на выходе). Расход раствора ещё на 5–10 % больше водяного, поэтому перепад в подборе насоса — квадрат расхода × поправка.

4.10. Сводка сквозного примера

Таблица 14 Сквозной пример: задание на насосные станции и баки

Что	Контур конденсаторов (открытый)	Контур холодной воды (закрытый)
Расход	98 м³/ч, 30 → 34,7 °C	78 м³/ч, 12 → 7 °C
Полезный напор на сеть	21,8 м, из них статика 6,2 м	по кольцу (ЭХ-АРМ003-RU, раздел 4.4)
Резерв	1 + 1 или 2 + 1 с отсечкой конденсаторов	1 + 1
Кавитационный запас	9,89 м при NPSHr 6,0 м; во всасе только труба	около 34 м от давления бака
Бак	атмосферный, погружение выхода DN200 ≥ 0,48 м	буфер не нужен при трёхходовых клапанах; 1,0 м³ при двухходовых
Расширение	—	мембранный 80 л, P _о 1,5 бар, заполнение 2,4 бар, клапан 6,0 бар
Подпитка	1,1 м³/ч при N = 4	линия DN25, тревога 20 л/сут

ПРИМЕЧАНИЕ

Когда придут листы данных, сверьте сопротивление аппаратов, минимальный объём и загрузку машины, NPSHr насоса в правой точке и сопротивление станции. Разошлась цифра — пересчитайте строки, которые на неё опираются.

Чек-лист раздела 4: расчёты выполнены

- ☐ Расход контура градирни посчитан по теплу конденсатора, а не по холоду; перепад сверен с листом данных машины.

- ☐ Кольцо собрано по группам сопротивлений с фильтрами на пороге чистки; в открытом контуре добавлены статика от минимального уровня и давление на входе в распределение.
- ☐ В опросный лист записан полезный напор на сеть, без двойного учёта сопротивления станции; таблица кольца приложена.
- ☐ Рабочая точка в зоне 70–120 % от максимума КПД; двигатель проверен в крайней правой точке.
- ☐ NPS_{Ha} посчитан в худшем режиме — тёплая вода, минимальный уровень, один насос; во всасе только труба, погружение выхода проверено.
- ☐ Минимальный объём взят из листа данных или посчитан по пускам и времени оборота; эффективный объём — без воды, стоящей в ветках.
- ☐ Мембранный бак посчитан по полному объёму и температуре стоянки; преднастройка, давление заполнения и уставка клапана — на схеме.
- ☐ Для гликоля пересчитаны расход, сопротивление и мощность; напор в опросном листе указан в кПа или с указанием жидкости.

Правило прохода: хоть один пункт пуст — опросный лист на насосную станцию отправлять рано.

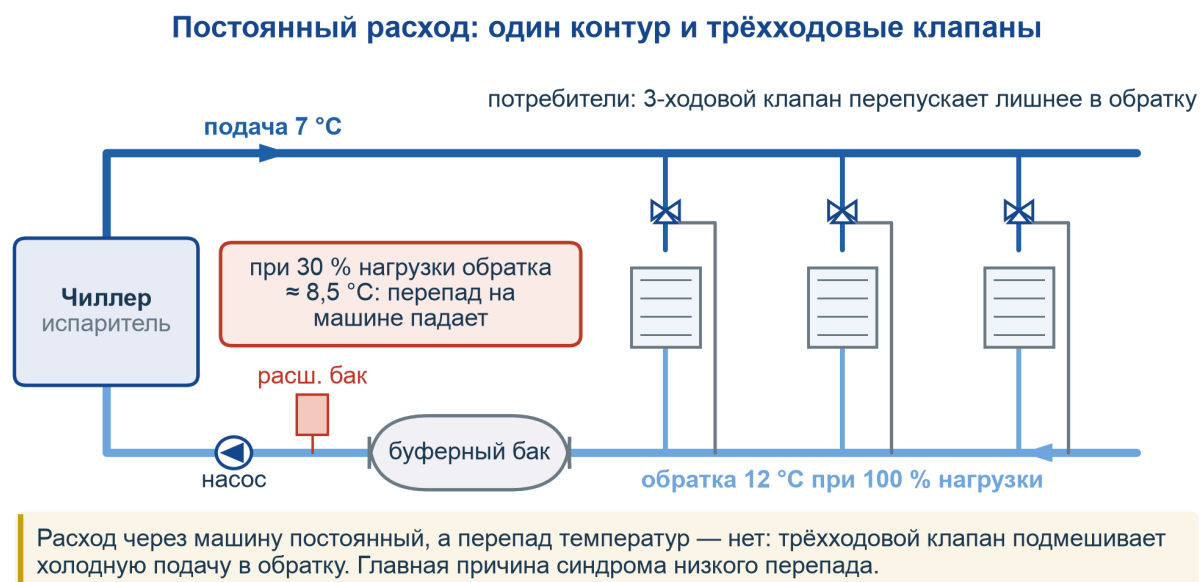
5. Схемы

Схему выбирают раньше насосов: от неё зависят число станций, их режим и щит управления. Схемы холодоснабжения подробно разобраны в руководстве ЭХ-АРМ003-RU «Чиллеры NCT», раздел 5, схемы контура градирни — в ЭХ-АРМ002-RU «Градирни NCT», раздел 5. Здесь — что каждая схема требует от насосной станции.

5.1. Постоянный и переменный расход

Постоянный расход. У потребителей трёхходовые клапаны, расход через машину и насос не меняется. Станции достаточно работы «вкл/выкл»; щит насосной группы NCT в этом исполнении — с устройством плавного пуска (УПП). Минус — насос круглый год качает полный расход, а на частичной нагрузке обратка возвращается холодной: при 30 % нагрузки около 8,5 °C вместо 12 °C.

Рисунок 19 Постоянный расход с трёхходовыми клапанами: расход через машину не меняется, а перепад температур падает вместе с нагрузкой



Трёхходовой клапан сохраняет расход, но отдаёт за это перепад

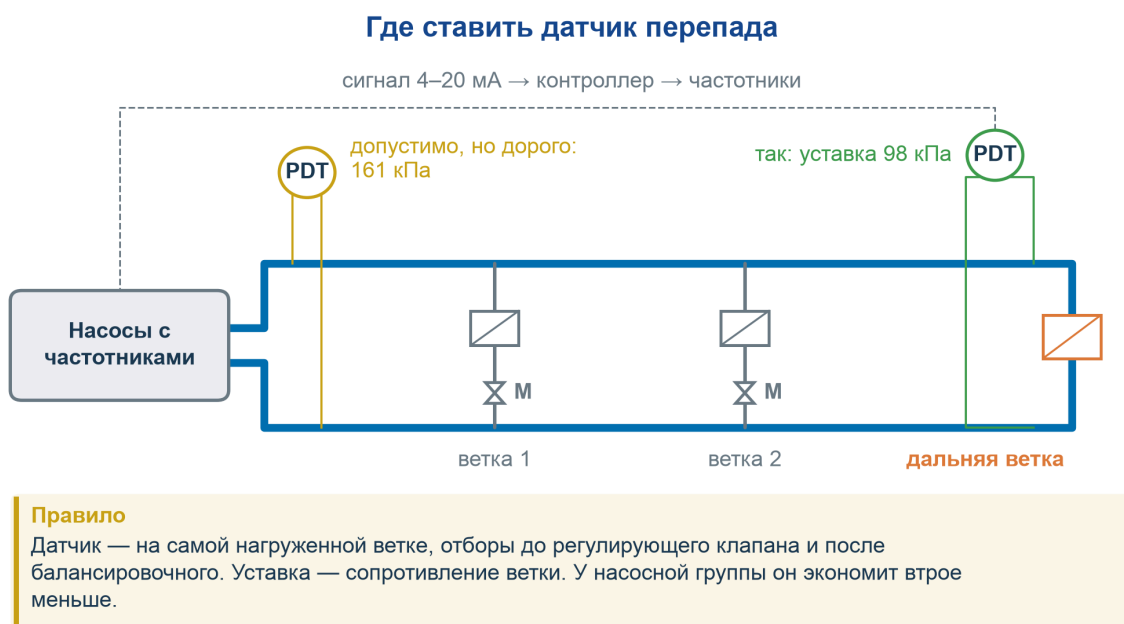
Переменный расход. У потребителей двухходовые клапаны, станция — с частотным преобразователем (VFD, variable frequency drive) в щите. Насосу задают перепад, который он держит, и место, где этот перепад мерить:

- датчик перепада — на самой нагруженной ветке, отборы до её регулирующего клапана и после балансировочного; уставка — сопротивление этой ветки;
- датчик на коллекторах станции допустим, но экономит вдвое меньше: насос держит полный напор при любой нагрузке;
- нижняя граница частоты — минимальный расход машины, если он идёт через машину, и статика — в открытом контуре (раздел 4.3).

Если расход меняется и через испарители (переменный первичный расход), станции нужен байпас минимального расхода крупнейшей машины и медленные клапаны на машинах — ЭХ-

АРМ003-RU, раздел 5.5. Щит насосной группы NCT выпускается с частотным преобразователем или с УПП; диспетчеризация — по Modbus RTU или Ethernet.

Рисунок 20 Датчик перепада ставят на дальней ветке; у насосной станции он экономит втрое меньше



5.2. Первичный и вторичный контур: перемычка, гидрострелка, буфер

В первично-вторичной схеме (primary-secondary) две станции с разными задачами. Первичная — насос на каждую машину, постоянный расход, напор только на машину и её обвязку. Вторичная — переменный расход, частотный преобразователь, напор на сеть. Разницу расходов забирает перемычка (decoupler) между коллекторами.

Правила перемычки: расчётный расход 110–115 % расхода крупнейшей машины; длина не меньше 5–10 диаметров; **без обратного клапана и запорной арматуры** — обратный клапан ставит первичные и вторичные насосы последовательно и гонит через машины лишний расход. Для примера раздела 4 (машина 39 м³/ч): $1,15 \cdot 39 = 45 \text{ м}^3/\text{ч}$, DN125, скорость 1,0 м/с.

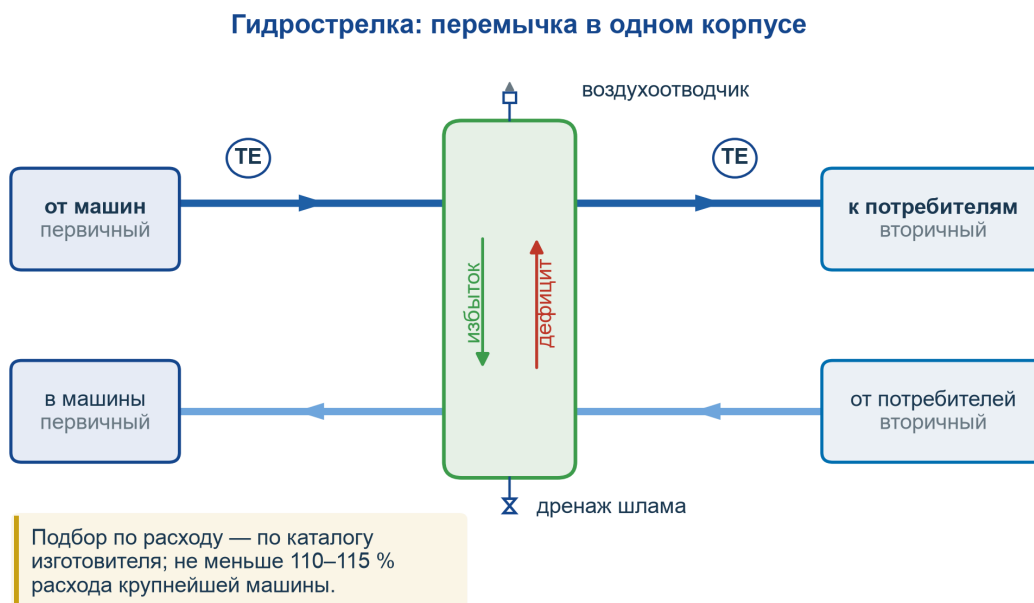
Рисунок 21 Первичный–вторичный контур: перемычка забирает разницу расходов, её направление говорит автоматике, сколько машин включить



Перемычка не регулирует ничего: по ней уходит разница расходов

Гидравлический разделитель (hydraulic separator, гидрострелка) — та же перемычка в вертикальном корпусе с низкой скоростью: вверху отделяется воздух, внизу шлам. На малых и средних станциях он компактнее; подбирают его по расходу по каталогу изготовителя, по тем же 110–115 %.

Рисунок 22 Гидрострелка: функция перемычки плюс отделение воздуха и шлама



Гидрострелка — перемычка, в которой вода отдаёт воздух и шлам

Буферный бак в этой схеме ставят в первичный контур — на обратку после точки подключения перемычки, до насосов машин. Во вторичном контуре он машине не помогает: на малой нагруз-

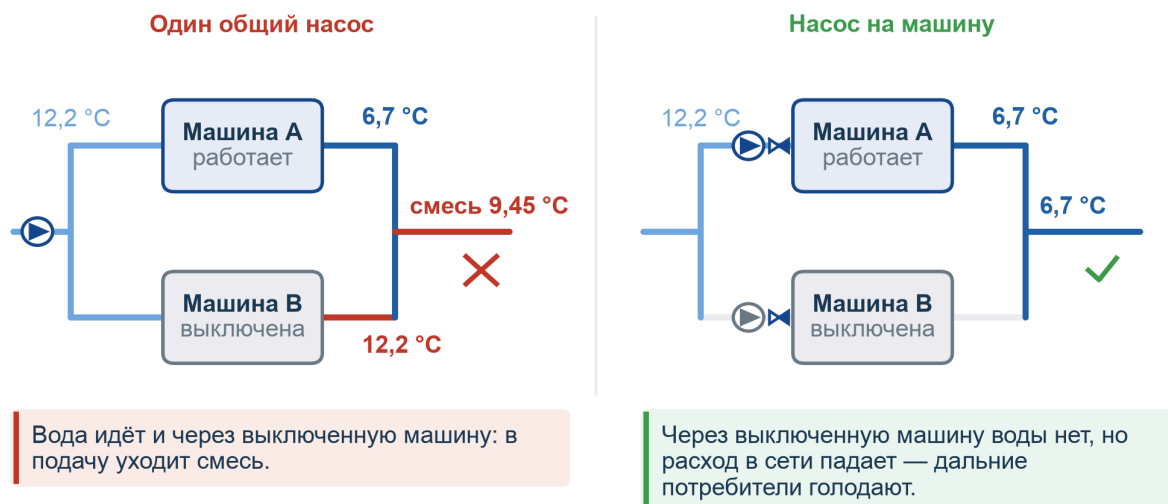
ке она видит только первичный контур. Два варианта врезки, которые выглядят как бак, но не работают: бак на тупиковом отводе (вода в нём стоит) и бак-смеситель без перегородки, куда приходит горячая обратка и откуда тут же забирают воду на машину. Если один бак должен быть и разделителем контуров, и аккумулятором, его делают с разделёнными коллекторами и считают у производителя бака. У сборных баков NCT для этого есть опция «сетка между тёплой и холодной сторонами» и 24 варианта расположения патрубков.

5.3. Рабочий и резервный насос, параллельная работа и её ловушки

Стандартная насосная группа NCT — рабочий и резервный агрегат; переключение автоматическое, через мембранные вентили с электромагнитным приводом. Для двух и более рабочих насосов на общих коллекторах действуют правила ниже — каждое закрывает конкретную аварию.

1. Насосы в параллели — одного типоразмера. На общем коллекторе слабый насос «задавлен» сильным: его обратный клапан закрыт, и он крутится без расхода, нагреваясь. **2. Крайняя правая точка.** При отказе соседа оставшийся насос уходит вправо — в примере раздела 4.4 на 151 % своей подачи. Двигатель — без перегрузки по всей кривой, NPSH — в этой точке. **3. Выключенная машина на общем насосе.** Через неё идёт вода: в контуре холодной воды тёплая обратка подмешивается к подаче (6,7 °C на выходе работающей машины, 12,2 °C через стоящую — в подачу уходит 9,45 °C), в контуре конденсаторов работающая машина недополучает четверть расхода. Решение — отсечной клапан с приводом на каждой машине или насос на машину. **4. Обратный клапан на нагнетании каждого насоса,** лучше пружинный «тихий» (non-slam): он закрывается до разворота потока, а поворотный хлопает. Без клапана вода идёт назад через стоящий насос. **5. Резерв включается сам** — по аварии рабочего и по падению перепада на группе; рабочее и резервный меняются по наработке, чтобы резерв не закисал. **6. Всасывающий коллектор** — со скоростью 0,6–1,2 м/с и эксцентрическим переходом плоской стороной вверх. Для групп на три-четыре насоса проверяют подпор на всасе дальнего насоса. **7. Частичная нагрузка с частотниками.** Два насоса на половине скорости часто берут меньше, чем один на полной. Число работающих насосов меняют по расходу или частоте с гистерезисом, чтобы группа не переключалась каждую минуту.

Две машины в параллель: общий насос против насоса на машину



Выключенная машина на общем насосе — перепуск тёплой воды в подачу

5.4. Насосная станция открытого контура градирни с баком

Градирня на улице сливает воду самотёком в бак в тёплом помещении, насосная станция берёт воду из бака и гонит её через конденсаторы или теплообменники обратно на распределение градирни. После остановки на улице не остаётся воды — это главный довод за бак в российском климате. В помещении же удобно ставить подпитку, продувку, дозирование реагентов и боковую фильтрацию.

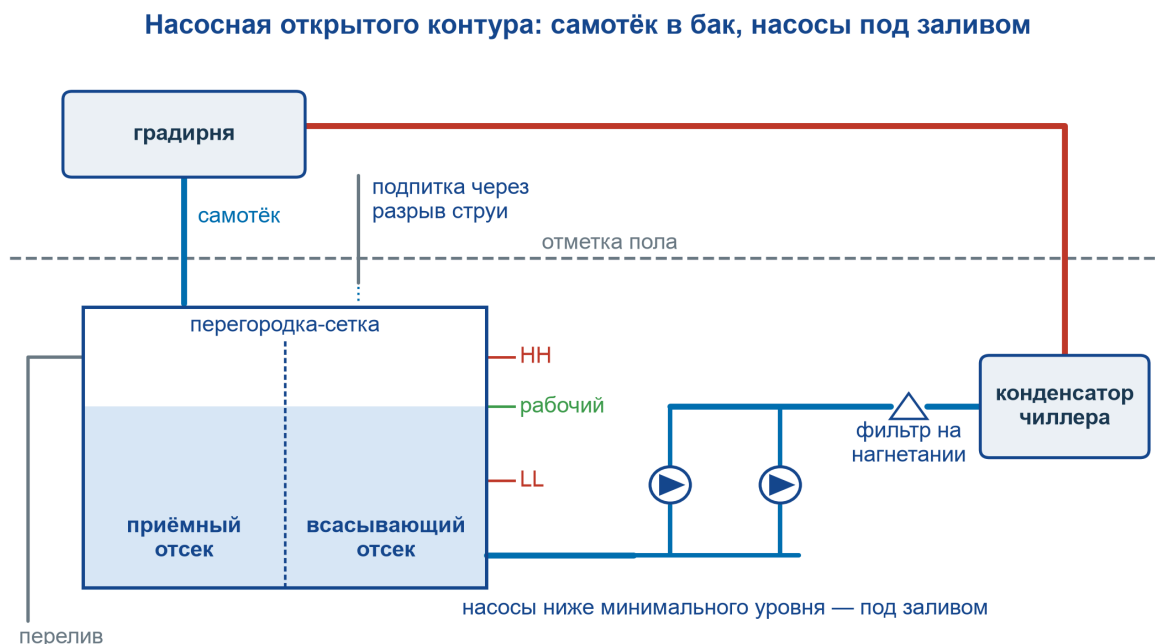
Что должно быть на схеме:

- **самотёчная линия** от поддона к баку — с уклоном, без запорной арматуры, диаметр на полный расход при частичном заполнении, а не по скорости напорной трубы;
- **два отсека бака** — приёмный и всасывающий, между ними перегородка-сетка: самотёк несёт воздух, а зимой в ту же сторону приходит горячая вода байпаса, и без перегородки то и другое идёт во всас;
- **насосы под залив** — ось ниже минимального уровня, во всасе только труба, затвор и крупная сетка с ячейкой не меньше 4,8 мм; выход из бака с погружением по ANSI/HI 9.8 и противоворонковым устройством (раздел 4.5);
- **тонкий фильтр на нагнетании** с реле перепада и сигналом в диспетчеризацию; там же обратные, балансировочные и регулирующие клапаны;
- **уровни бака** — аварийно низкий (останов насосов) на минимальном уровне, включение и отключение подпитки у рабочего уровня, аварийно высокий на 50–100 мм ниже кромки перелива;
- **перелив** — на полный сток при остановке и на полный расход клапана подпитки, с разрывом струи, без арматуры. Перелив никогда не перекрывают: известен случай, когда переполненный сторонний бак с закрытым переливом залил вентиляторы градирни, и колёса разрушились.

Цена схемы — статика. Насос поднимает воду от зеркала бака, а не от поддона. В примере раздела 4 каждый метр разницы отметок стоит 0,36 кВт, на 1000 м³/ч — около 3,6 кВт. Бак ставят как можно выше, насколько позволяет самотёк из поддона.

В опросном листе на насосную группу NCT есть строка «работа в открытом или закрытом контуре (есть ли разрыв струи)». Для этой схемы ответ — открытый, и к опросному листу прикладывают высотную схему с отметками: минимальный уровень в баке, ось насосов, вход в распределение.

Рисунок 24 Насосная станция открытого контура: самотёк в бак с двумя отсеками, насосы под залив, тонкий фильтр на нагнетании, перелив с разрывом струи



5.5. Закрытый контур с мембранным баком и подпиткой

В закрытом контуре свободной поверхности нет. Отсюда три задачи, которые решает схема станции: куда деть прирост объёма при нагреве, как держать давление и как вывести воздух.

- **Мембранный бак — у всаса насосов**, в точке нулевого давления. Тогда при пуске давление в контуре только растёт, и верхняя точка не уходит в вакуум. Бак на нагнетании при напоре 25–30 м проваливает верх контура ниже атмосферы. Кран между баком и контуром — опломбированный: закрытый кран превращает бак в декорацию.
- **Предохранительный клапан** — у бака, с уставкой из расчёта (раздел 4.7).
- **Сепаратор воздуха и шлама** — на обратке перед всасом рядом с баком: здесь вода теплее и давление ниже. Воздухоотводчики — в верхних точках через отсечные краны, дренажи — в нижних.
- **Подпитка водой** — в линию бака у всаса, не на нагнетание. Состав узла: кран, фильтр, умягчение, редуктор на давление заполнения, устройство защиты от обратного потока, водомер с импульсным выходом, электромагнитный клапан. Тип защиты от обратного потока берут из технических условий водоканала и пишут в спецификацию явно: двойной обратный клапан, клапан с зоной пониженного давления (RPZ) или разрыв струи; если в контуре реагенты или гликоль — только RPZ или разрыв струи.

- **Подпитка гликолем** — только станцией долива готового раствора, водопровод к гликолевому контуру не подключают. Станцию NCT-SGL врезают перед чиллером или фрикулингом в точке с минимальным давлением системы; реле давления включает насос, когда давление падает ниже уставки.

Насос подпитки или долива подбирают на давление заполнения плюс потери в линии (раздел 4.8), а водомер или счётчик доливов заводят в диспетчеризацию: рост подпиток — первый признак течи.

Чек-лист раздела 5: схема насосной станции

- ☐ Для постоянного расхода — станция на постоянной скорости с УПП; для переменного — частотный преобразователь и датчик перепада на самой нагруженной ветке.
- ☐ В первично-вторичной схеме перемычка или гидрострелка на 110–115 % расхода крупнейшей машины, без обратного клапана и арматуры; буферный бак — в первичном контуре на обратке.
- ☐ Насосы в параллели одного типоразмера, у каждого обратный клапан; резерв включается автоматически, двигатель проверен в крайней правой точке.
- ☐ Выключенная машина отсекается клапаном с приводом или своим насосом.
- ☐ В открытом контуре: самотёк без арматуры, бак с перегородкой-сеткой, насосы под залив, во всасе только труба, перелив без арматуры с разрывом струи.
- ☐ В закрытом контуре: мембранный бак и подпитка у всаса, сепаратор на обратке, тип защиты от обратного потока указан явно.
- ☐ Гликолевый контур подпитывается станцией долива, а не водопроводом.
- ☐ В опросном листе указано, открытый контур или закрытый, и приложена высотная схема с отметками.

Правило прохода: хоть один пункт пуст — схему насосной станции в проект рано.

6. Обязка насосной станции и баков

Насосная станция NCT приходит собранной и испытанной, бак собирают из панелей по месту, но работать они будут так, как их подключили. Раздел идёт по ходу воды: станция (6.1), бак (6.2), подпитка и давление (6.3). Обязка испарителя и конденсатора — в руководстве ЭХ-АРМ003-RU «Чиллеры NCT», раздел 6; всас из поддона градирни — в ЭХ-АРМ002-RU «Градирни NCT», раздел 6.

6.1. Насосная станция

Что уже внутри станции. Насосная группа NCT PU — два насоса, рабочий и резервный, с технологической обязкой на общей раме. Резерв включается автоматически. Опросный лист предлагает два уровня комплектации:

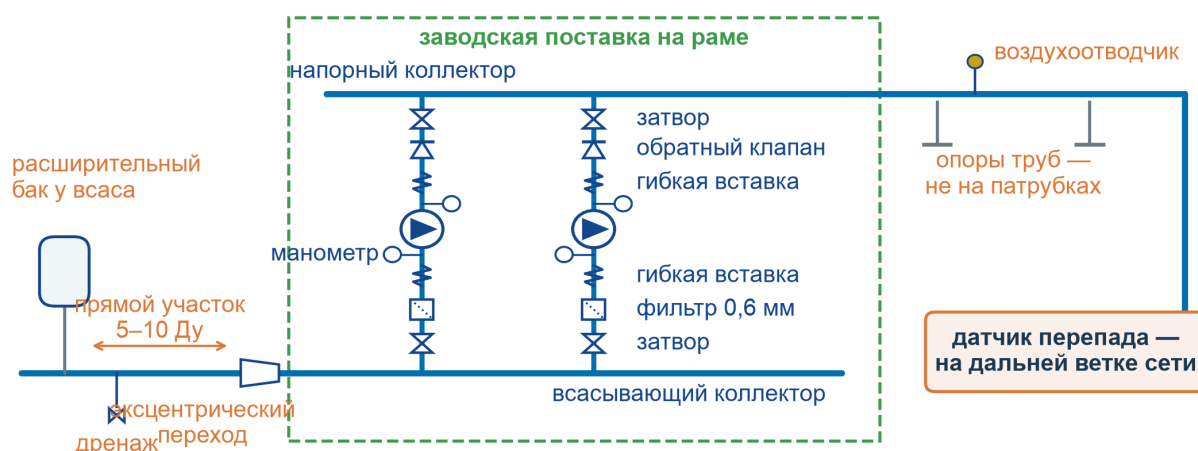
Таблица 15 Комплектация насосной группы NCT по опросному листу

Комплектация	Что входит	Когда выбирать
Базовая (BC)	дисковые затворы, манометры, обратные клапаны	гибкие вставки и фильтр уже есть в проекте снаружи станции
Полная (FC)	базовая плюс фильтры и гибкие вставки	станция — граница поставки, снаружи только трубы

В типовом составе из технико-коммерческого предложения (ТКП) на каждый насос — фланцевый фильтр с ячейкой 0,6 мм, дисковые затворы, гибкая вставка, межфланцевый дисковый обратный клапан, манометры. Фланцы — по ГОСТ 12820-80, прокладки из паронита — по ГОСТ 15180-86. Заводское испытание — 0,675 МПа не меньше 30 минут. Рабочая среда — вода без абразива, водные растворы этилен- и пропиленгликоля, от -15 до +110 °С, рабочее давление до 16 бар. Исполнение обязки — одно из трёх: U-образное — компактное, для тесных помещений; L-образное — к обоим насосам подходят с одной стороны; линейное — для встройки в прямой участок существующей трубы.

Рисунок 25 Насосная станция НСТ и её окружение: граница заводской поставки и то, что проект добавляет снаружи

Насосная станция 1 + 1: что даёт завод и что добавляет проект



Зелёный пунктир — граница заводской поставки; оранжевым подписано то, что закладывает проект

Всас.

- **Прямой участок перед станцией** — 5–10 диаметров трубы, без отводов и тройников вплотную к коллектору: отвод у входа закручивает поток и неравномерно грузит колесо.
- **Переход на меньший диаметр** на всасе — эксцентрический, плоской стороной вверх: под концентрическим переходом копится воздух.
- **Скорость во всасывающем коллекторе** — 0,6–1,2 м/с. Для групп на три-четыре насоса проверьте подпор на всасе дальнего насоса.
- **Расширительный бак закрытого контура** — к всасывающему коллектору или к обратке рядом с ним (6.3).

Открытый или закрытый контур — первый вопрос. Опросный лист НСТ спрашивает прямо: есть ли разрыв струи. От ответа зависит, где стоять фильтру. В закрытом контуре давление на всасе держит расширительный бак, и фильтр на всасе каждого насоса — обычное решение. В открытом контуре градирни насос берёт воду из поддона под атмосферным давлением, и тонкий фильтр на всасе к середине лета забивается и съедает кавитационный запас. Там на всасе — только труба и крупная сетка в поддоне, а тонкий фильтр — на нагнетании (подробно — ЭХ-АРМ002-RU, раздел 6.2). Для открытого контура согласуйте с заводом место фильтра в станции и размер ячейки.

ВНИМАНИЕ

Открытый контур — проверка кавитационного запаса обязательна. Считают худший случай: самая тёплая вода, минимальный уровень в поддоне или баке, фильтр на пороге чистки, один насос вместо двух. Насос открытого контура ставят ниже минимального уровня воды.

Нагнетание. На каждом насосе — обратный клапан: без него поток пойдёт назад через стоящий резервный насос. Лучше пружинный, закрывающийся до разворота потока: поворотный хлопает.

В открытом контуре седло зарастает, и клапан начинает пропускать — сток трассы при остановке на него не рассчитывают.

Запорная арматура. Затворы до и после каждого насоса — любой насос снимают без слива контура. Затвором не балансируют: для заданного расхода нужен балансировочный клапан, подобранный по Kv.

Фильтры. Сетчатый фильтр ловит окалину и мусор. Грязевик — корпус большего сечения, где скорость падает и тяжёлые частицы оседают в камеру со сливом; его ставят на обратке перед станцией, если ждут много шлама. В расчёт напора насоса перепад фильтра берут на пороге чистки, а не чистый — например, 20 кПа вместо 10 кПа (подробно — ЭХ-АРМ003-RU, раздел 6.1). Манометры до и после фильтра или реле перепада показывают, когда его чистить.

Гибкие вставки. Вплотную к патрубкам насосов, соосно и без натяга. Вставка гасит вибрацию и перекосы в миллиметры, но не компенсирует удлинение магистрали и не несёт вес трубы. При комплектации ВС вставки ставят на стыке станции с трубами проекта.

Манометры и датчики. Манометры одного класса на всасе и нагнетании каждого насоса — по ним на пусконаладке находят рабочую точку. Станции с частотным преобразователем нужен датчик перепада — на группе или на дальнем потребителе (раздел 10).

Воздухоудаление. Автоматический воздухоотводчик — в верхней точке нагнетательного коллектора и в каждой верхней точке трубы у станции, через отсечной кран.

Дренаж. Краны в нижних точках коллекторов и у каждого фильтра. Дренаж выводят в трап или в прямок; от гликолевого контура — в тару, не в канализацию (раздел 7).

Опоры. Трубы подходят к станции на своих опорах, вес не висит на фланцах коллекторов. Неподвижная опора — со стороны магистрали от гибкой вставки, а не между вставкой и патрубком.

Контейнер. Для улицы станцию ставят в утеплённый контейнер «СЕВЕР» с отоплением, вентиляцией и пожаротушением, работа до $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$. Проект добавляет фундамент, вводы труб и питание систем контейнера отдельной строкой.

ПРИМЕЧАНИЕ

Полезный напор в опросном листе — это напор, нужный сети. Внутреннее сопротивление станции завод учитывает сам при подборе насоса; добавлять его сверху не нужно. Тип и концентрацию гликоля пишут обязательно.

6.2. Баки

Какие баки делает НСТ. Сборные баки из штампованных панелей горячего цинкования на болтах — $1,22 \times 1,22\text{ м}$, $1 \times 1\text{ м}$, $1 \times 0,5\text{ м}$, $0,5 \times 0,5\text{ м}$. Толщина панели — 2–6 мм в зависимости от высоты бака, крышка — 1,4–3,0 мм. Стыки уплотняют нетоксичной лентой из вспененного ПВХ, панели держат изнутри угловые стойки. Сварки на объекте нет: бак собирают и в подвале, куда сварной не занести. Объём — от 1 до 10 000 м³, форма в плане — L-, O- или П-образная, 24 варианта расположения патрубков. По заказу — панели из нержавеющей стали; есть и цельносварные баки. В базовой комплектации — крышка, внутренняя и наружная лестницы, патрубки и до трёх датчиков уровня.

Вводы: успокоить поток. Струя, бьющая в стенку, поднимает шлам, гонит воздух к выходу и раскачивает уровень. Правила:

- ввод скашивают под 45° — опросный лист NCT требует этого, чтобы турбулентность не давала ложных срабатываний датчиков уровня;
- скорость во входном патрубке — как в подводящей трубе; струю направляют в перегородку или распределитель, а не в стенку и не в дно;
- ввод заводят под минимальный уровень: падающая сверху струя затягивает воздух;
- между приёмной и всасывающей частью бака ставят перегородку с сеткой между «тёплой» и «холодной» сторонами — у баков NCT это опция.

Рисунок 26 Перегородка с сеткой: в приёмном отсеке поток успокаивается и отдаёт воздух, насос берёт воду из спокойного всасывающего отсека



Выход к насосу. Патрубок поднимают над дном — осадку нужно место, а дно делают с уклоном к дренажу. Над выходом — слой воды не меньше расчётного погружения, иначе воронка затянет воздух; расчёт погружения и высоты бака по слоям — ЭХ-АРМ002-RU, разделы 6.2 и 4.4.

Перелив. Считают не на нормальный уровень, а на аварию: клапан подпитки открыт полностью при максимальном давлении в сети, насос стоит. Перелив выводят с разрывом струи в дренажную систему, а не глухо в канализацию. Пример расчёта диаметра — ЭХ-АРМ002-RU, раздел 6.5.

ВАЖНО

Запорная арматура на переливе не допускается. Известен случай: переливавшийся сторонний бак «вылечили» закрытием перелива, вода залила центробежные вентиляторы градирни и разрушила колёса. Переливается бак — ищут причину: подпитку или сток трасс при остановке.

Дыхательный патрубок. Открытый бак дышит: на пуске насоса внутрь входит воздух, при стоке трасс — выходит. Без патрубка сборный бак работает то на разрежение, то на давление, и это нагружает уплотнения стыков. Патрубок ставят на крышке, с сеткой и защитой от осадков; сечение — на наибольший расход откачки или стока, согласуйте его с заводом.

Дренаж. В нижней точке днища, с краном. Время опорожнения проверяют по регламенту чистки: бак 40 м² в плане с уровнем 3,3 м уходит через DN100 почти за два часа, через DN150 — за 52

минуты.

Уровнемеры. Опросный лист NCT требует кондуктометрических датчиков уровня Уставки считают из слоёв бака:

Таблица 16 Уставки уровня бака

Уставка	Где	Что делает
LL — аварийно низкий	минимальный уровень по погружению выхода	стоп насоса, авария
L — включение подпитки	чуть ниже рабочего уровня	открывает клапан подпитки
H — отключение подпитки	рабочий уровень	закрывает клапан подпитки
HH — аварийно высокий	на 50–100 мм ниже кромки перелива	сигнал «подпитка не закрылась»

Между L и H нужен зазор на гистерезис, иначе клапан хлопает. Четыре уставки — это четыре электрода, а в базе бака NCT их до трёх: четвёртый заказывают отдельно.

Люк и лестницы. Люк-лаз, наружная лестница с площадкой и внутренняя лестница — бак чистят и осматривают изнутри.

Утепление и обогрев. Бак в тёплом помещении — лучший обогрев. Бак на улице получает заводскую теплоизоляцию и комплект подогрева: ТЭН и датчик температуры, установленные на бак. ТЭН включают только через термостат и реле уровня: без воды он сгорает.

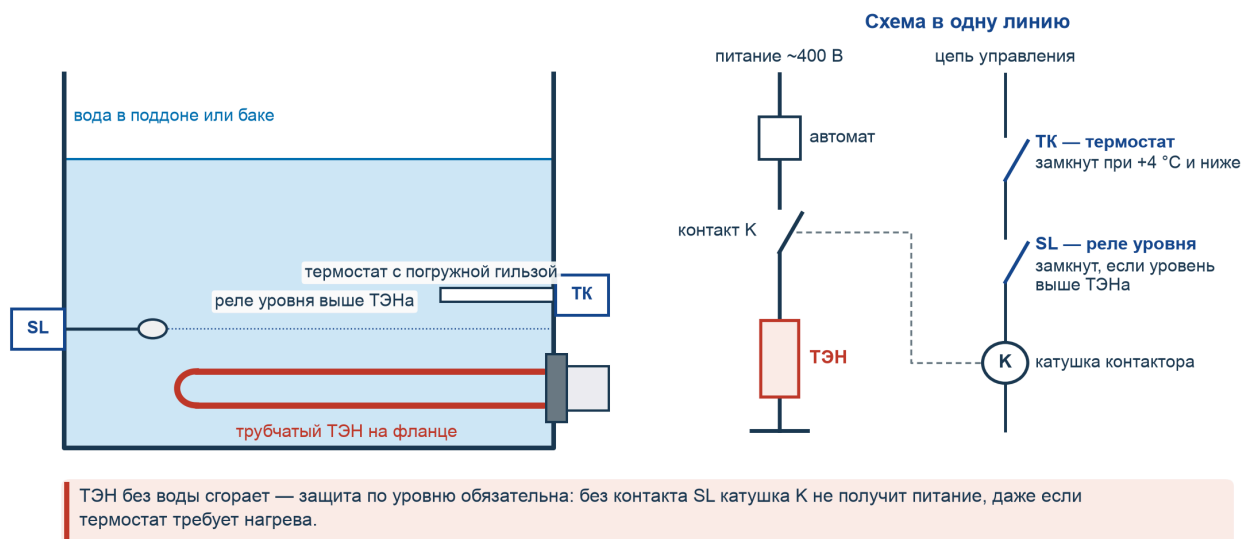
Пример. Бак $8 \times 5 \times 3,6$ м на улице, площадь крышки и стенок $133,6 \text{ м}^2$, держим $+4^\circ\text{C}$ при -28°C снаружи. Коэффициенты теплопередачи стенки приняты для примера: утеплённые панели $0,4 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{K})$, без утепления $6 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{K})$.

1. Утеплённый: $0,4 \times 133,6 \times 32 = 1,7 \text{ кВт}$. 2. Без утепления: $6 \times 133,6 \times 32 = 25,6 \text{ кВт}$.

Итог: с изоляцией хватает ТЭНа на 2 кВт, без неё нужен в 13 раз мощнее. Считают простой — выходные, ночь без нагрузки; в работе бак греет сам контур.

Рисунок 27 ТЭН бака: термостат включает нагрев, реле уровня запрещает его, если вода ниже нагревателя

ТЭН с термостатом и защитой по уровню



Материал и первый пуск. Оцинковка — стандарт для оборотной воды при нормальной водоподготовке. Новый цинк в первые 45–60 суток мокрой работы должен покрыться защитной плёнкой: рН 7,0–8,0, кальций не ниже 100 мг/л. При рН выше 8,3 вместо плёнки растёт рыхлая белая ржавчина, и покрытие уходит за один-два сезона (раздел 8). Для гликоля оцинкованный бак не годится (раздел 7); для агрессивной воды и высоких хлоридов — нержавеющая сталь.

Нагрузку на основание считают по массе бака, полного до кромки перелива.

6.3. Узел подпитки и станция долива

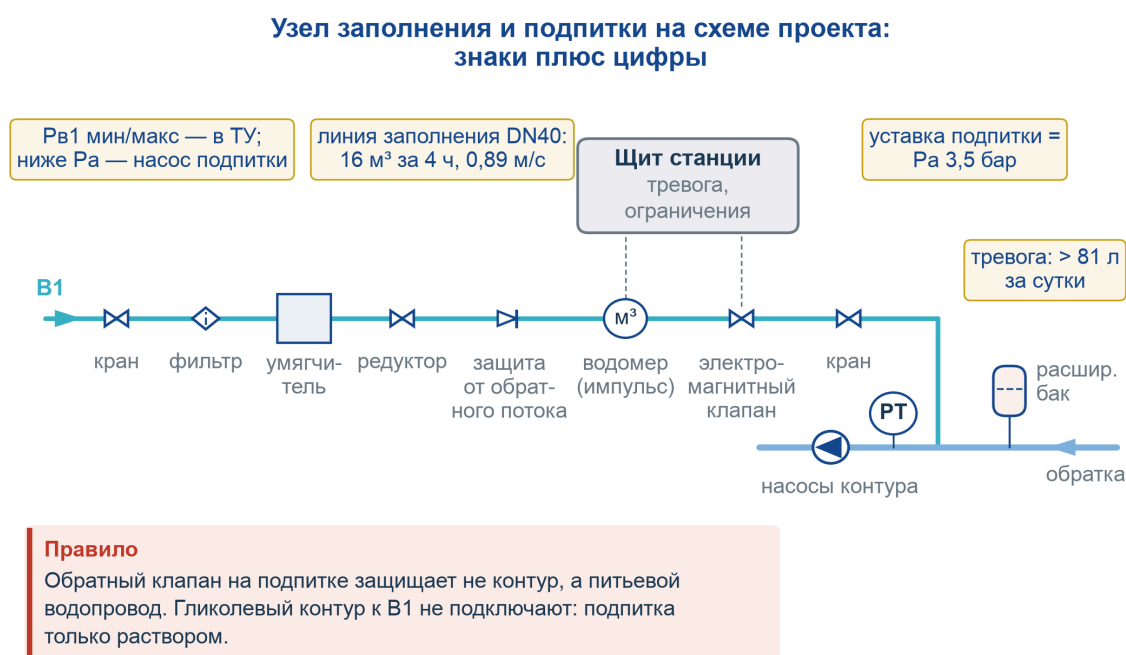
Открытый бак подпитывают по датчикам уровня через электромагнитный или моторный клапан. Поплавковый клапан на большом расходе дребезжит и становится первой причиной переливов. Труба подпитки выходит с разрывом струи над кромкой перелива. Водомер с импульсным выходом обязателен: без него не посчитать циклы концентрирования (раздел 8).

Закрытый контур держит давление расширительный бак, а подпитка лишь восполняет мелкие потери. Узел на схеме проекта — семь элементов и три цифры:

- кран, фильтр, умягчитель, редуктор давления, устройство защиты от обратного потока, водомер с импульсным выходом, электромагнитный клапан;
- врезка — в обратку у всаса насосов, рядом с расширительным баком;
- цифры: диаметр линии заполнения, уставка подпитки (давление заполнения из расчёта бака, раздел 4) и порог тревоги по суточному объёму.

Порог тревоги удобно брать равным запасу воды в расширительном баке: при запасе 0,5 % объёма для контура 16 м³ это около 81 л в сутки. Долили больше — в контуре течь. Если давление водопровода ниже давления заполнения, нужен насос подпитки.

Рисунок 28 Узел заполнения и подпитки закрытого контура: на схеме не только знаки, но и диаметр, уставка и порог тревоги



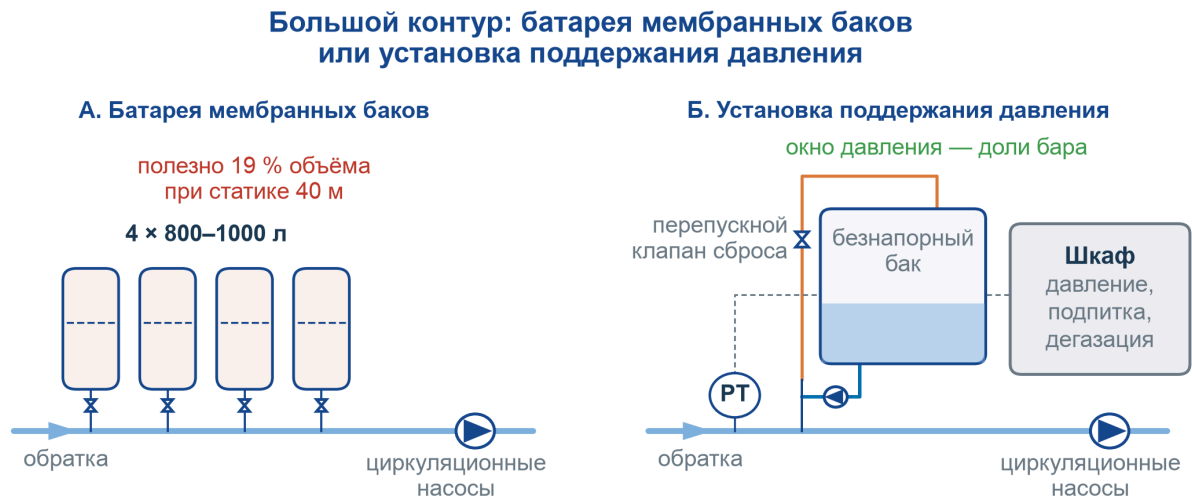
ВНИМАНИЕ

Обратный клапан на подпитке защищает не контур, а питьевой водопровод. Тип устройства — разрыв струи, двойной обратный клапан или клапан с зоной пониженного давления — берут из технических условий водоканала. Если в контуре гликоль или реагенты, допустимы только разрыв струи или клапан с зоной пониженного давления.

Расширительный бак подключают к всасу циркуляционного насоса: эта точка держит давление неизменным, и при пуске насоса верх контура не уходит в разрежение. Кран между баком и контуром — с защитой от случайного закрытия. Расчёт бака — раздел 4.

В больших контурах с высокой статикой батарея мембранных баков разрастается до кубометров. Тогда ставят установку поддержания давления: безнапорный бак, насос и перепускной клапан. Она держит давление в окне долей бара, дегазирует воду и считает подпитки; предохранительный клапан на контуре нужен всё равно.

Рисунок 29 Большой контур: батарея мембранных баков или установка поддержания давления с одной точкой подключения



Пример
Контур 60 м³, статика 40 м: батарея мембранных баков около 3,5 м³, установка — бак около 1 м³ и одна точка подключения у всаса. Рядом всё равно ставят предохранительный клапан.

Гликолевый контур к водопроводу не подключают вовсе. Его давление держит станция долива: ёмкость с готовым раствором той же концентрации, насос, обратный клапан и реле давления. Станцию НСТ врезают перед чиллером или фрикулингом в точке с минимальным давлением — у всаса насосов, рядом с расширительным баком. Состав и типоразмеры — раздел 7.

Таблица 17 Обязка насосной станции и баков: узел — зачем — что будет, если забыть

Узел	Зачем	Что будет, если забыть
Прямой участок 5–10 Ду перед станцией	ровный поток на колесо	шум, вибрация, износ колеса
Фильтр на всасе открытого контура	— (ставить на нагнетание)	кавитация к середине лета
Фильтр на пороге чистки в расчёте насоса	напор с учётом грязного фильтра	через месяц расход ниже расчётного

Узел	Зачем	Что будет, если забыть
Гибкие вставки и опоры	вибрация и вес не на патрубках	трещины фланцев, течи
Воздухоотводчик в верхней точке	выпуск воздуха	шум, срыв насоса, коррозия
Ввод в бак под 45° и под уровень	спокойный уровень без воздуха	ложные срабатывания уровня, воздух в насосе
Перелив без арматуры	отвод воды при отказе подпитки	затопление, вода в вентиляторах градирни
Водомер на подпитке	видна течь и считаются циклы	течь годами прячется за автоматикой
Защита от обратного потока	водопровод чист	контурная вода или гликоль в питьевой сети
Расширительный бак у всаса	постоянное давление в точке подключения	разрежение наверху, подсос воздуха
Станция долива на гликолевом контуре	давление без разбавления	раствор слабеет, контур замерзает

Чек-лист раздела 6: обязанка насосной станции и баков

- ☐ В опросном листе насосной группы указаны открытый или закрытый контур, жидкость и комплектация ВС или FC.
- ☐ Перед станцией прямой участок 5–10 Ду, переходы на всасе эксцентрические; в открытом контуре тонкого фильтра на всасе нет.
- ☐ Перепад фильтров в расчёте насоса взят на пороге чистки; у фильтров манометры до и после.
- ☐ Трубы к станции на своих опорах, гибкие вставки соосно и без натяга, воздухоотводчики и дренажи на схеме.
- ☐ Ввод в бак под 45°, под уровень, в перегородку; выход поднят над дном и проверен на погружение.
- ☐ Перелив рассчитан на аварийный расход подпитки и выведен без арматуры через разрыв струи.
- ☐ Уставки LL, L, H, HH посчитаны; ТЭН заблокирован с реле уровня.
- ☐ На подпитке водомер, тип защиты от обратного потока и порог тревоги; гликолевый контур подпитывает только станция долива.

Правило прохода: нет перелива без арматуры, водомера на подпитке или ответа «открытый или закрытый контур» — раздел на выпуск не идёт.

7. Гликоль

Гликоль нужен там, где контур может замёрзнуть: драйкулер и трасса на улице, внутренний контур закрытой градирни зимой, вода на выходе испарителя ниже +5 °С. За защиту от мороза он платит теплопередачей и энергией насоса, а в эксплуатации требует присмотра: раствор разбавляется доливами, стареет и съедает собственные ингибиторы. Насосные станции НСТ работают на водных растворах этилен- и пропиленгликоля до –15 °С.

7.1. Этиленгликоль или пропиленгликоль

Таблица 18 Этиленгликоль и пропиленгликоль: когда какой

	Этиленгликоль (ЭГ)	Пропиленгликоль (ПГ)
Токсичность	токсичен	малотоксичен
Где уместен	промышленный контур, трасса не идёт через жилые здания и пищевые зоны	пищевые и фармацевтические производства, здания с людьми
Мощность аппарата при 40 %, от водяной	0,94	0,90
Перепад давления при 40 %, от водяного	1,51	1,53
Температура замерзания 40 % по массе	около –23 °С	около –22 °С

Поправки — по данным производителей чиллеров для испарителя при +7 °С на выходе; в тёплом контуре конденсатора они меньше.

Правило выбора. Если технология и санитарные требования допускают этиленгликоль, он даёт меньшие потери мощности. Если возможен контакт с продуктом или трасса проходит через помещения с людьми — пропиленгликоль. Если технология не допускает гликоль вовсе, его оставляют только в наружном контуре за промежуточным теплообменником и теряют 2–4 К температурного напора (руководство ЭХ-АРМ005-RU, раздел 7.2).

7.2. Концентрация

Концентрацию выбирают по самой низкой температуре, которую увидит контур: зимняя температура площадки по СП 131.13330 плюс запас 3–5 К. Второе решение — от чего защищаем. Если контур в мороз работает, нужна защита от замерзания, раствор должен оставаться жидким. Если гарантированно стоит, допустима защита от разрыва: раствор превращается в текучую шугу, которая трубы обычно не рвёт, но качать её нельзя. Порядок выбора с таблицей температур замерзания и примером для Москвы — в руководстве ЭХ-АРМ005-RU «Драйкулеры, АВО и испарительные конденсаторы НСТ», раздел 7.1.

Два ограничения снизу и одно сверху:

- ниже 25–30 % по объёму ингибиторов в растворе может не хватить для защиты от коррозии;
- ниже 20–25 % раствор рискует зарости бактериями — «чуть-чуть гликоля для спокойствия», 10–15 %, худший вариант;
- сверху концентрацию ограничивают деньги: каждые лишние проценты отнимают мощность машины и добавляют напор насосу круглый год. Берут минимально достаточную, а не «пятьдесят на всякий случай».

Цифры по нижним границам — по данным производителей теплоносителей. В проекте концентрацию пишут с единицей — по массе или по объёму — и в трёх местах: на схеме, в опросном листе машины и в опросном листе насосной группы.

7.3. Готовый раствор, ингибиторы и цинк

Только ингибированный теплоноситель промышленного назначения с паспортом. Автомобильный антифриз не подходит: его присадки рассчитаны на другие металлы и режимы. Растворы разных марок не смешивают, присадки без согласования с производителем оборудования не добавляют.

Готовый раствор лучше смешивания на месте. Концентрат разводят только водой хорошего качества: хлориды и сульфаты не больше 25 мг/л каждого, общая жёсткость не больше 100 мг/л в пересчёте на CaCO_3 , лучше дистиллированная или обессоленная вода. Водопроводная вода с солями жёсткости съедает ингибиторы и даёт осадок. Готовый раствор заводского приготовления снимает этот риск и сразу имеет паспортную концентрацию.

Остаток воды после промывки. В промышленной системе после промывки остаётся обычно около 10 % объёма воды, бывает до 20 %.

Пример. Контур 60 м³ промыли водой, слили и залили 40 % раствор. Осталось 6 м³ воды.

1. Фактическая концентрация: $40 \times 54 / 60 = 36 \%$. 2. Защита ушла на несколько градусов вверх — ровно на тот запас, что закладывали.

Итог: концентрацию после заполнения всегда меряют, а объём заливки считают с учётом остатка промывочной воды.

ВАЖНО

Гликоль и оцинковка несовместимы. Производители теплоносителей не рекомендуют оцинкованную сталь в контуре с ингибированным гликолем: цинк реагирует с ингибиторами, выпадает осадок, защита истощается, а цинк снимается — особенно выше +38 °С. Сборный оцинкованный бак, оцинкованные трубы и оцинкованные ёмкости для гликоля не применяют: ёмкость — из полиэтилена или нержавеющей стали. Змеевик закрытой градирни НСТ оцинкован снаружи; прежде чем заливать гликоль, марку теплоносителя согласуют с заводом.

7.4. Заполнение, долив и станция долива

Контур заполняют снизу и медленно, чтобы воздух уходил к воздухоотводчикам, затем не меньше суток гоняют циркуляцией и только потом меряют концентрацию. Доливают только раствором той же марки и концентрации. Водопровод к гликолевому контуру не подключают (раздел 6.3).

Как долив водой съедает защиту. Контур 60 м³ на 40 % ПГ, замерзание около –21 °С. За зиму ушло 3 м³ раствора, оператор долил 3 м³ воды.

1. После первого долива: $40 \times 57 / 60 = 38,0 \%$, замерзание около –19,5 °С. 2. После третьего такого долива: $40 \times (57 / 60)^3 = 34,3 \%$, замерзание около –16 °С.

Итог: запас, заложенный в проект, исчез за сезон, и никто этого не видел.

Станция долива гликоля НСТ автоматически восстанавливает давление в контуре готовым раствором. Давление упало — реле давления включает насос, раствор из бака идёт в контур через обратный клапан; давление восстановилось — насос останавливается.

Таблица 19 Станции долива гликоля NCT

Модель	Ёмкость, л	Мощность насоса, кВт	Габариты Д × Ш × В, мм
NCT-SGL-250	250	1,1	1150 × 1100 × 1250
NCT-SGL-500	500	1,1	1400 × 1180 × 1500
NCT-SGL-750	750	1,5	1500 × 1250 × 1800
NCT-SGL-1000	1000	1,5	1650 × 1450 × 2150

Насосы — напор 20–40 м, расход 1–8 м³/ч; параметры насоса и объём бака меняют под объект. В базовой комплектации: бак для гликоля (полиэтилен низкого давления), насосный агрегат, шаровые и сливные краны, обратный клапан, манометр, реле давления 1–6 бар, реле протока — оно же защита насоса от сухого хода, щит управления, стальная рама. Арматура — ручная или с электроприводом. Опции: частотный преобразователь насоса, датчики температуры гликоля, закрытая панелями рама, кнопка аварийного останова, металлическая ёмкость, расширительный бак, антикоррозионная рама, металлические трубы.

Пример исполнения NCT-SGL-250: этиленгликоль 40 %, +15 °С, 3 м³/ч, напор 30 м без учёта внутренних сопротивлений, насос 1,1 кВт и 4,6 А, масса 500 кг, установка в помещении при +5...+40 °С.

Что решает проект:

- место в помещении с плюсовой температурой, рядом с точкой врезки — у всаса циркуляционных насосов перед чиллером или фрикулингом, где давление в контуре минимально;
- уставки реле давления: включение чуть ниже давления заполнения, выключение — на нём; насос станции должен дать это давление с запасом;
- объём бака — на несколько доливов и с запасом на сезон; бак держат полным;
- сигналы в диспетчерскую: работа насоса и число включений, низкий уровень в баке, авария. Участились доливы — в контуре течь, её ищут, а не доливают дальше.

7.5. Контроль концентрации и состояния раствора

Гликоль со временем окисляется до кислот, pH падает, ингибиторы вырабатываются. Гликолевый контур без контроля за 3–5 лет превращается в кислоту и начинает разъедать металл.

Таблица 20 Контроль гликолевого контура

Что	Чем	Ориентир	Когда
Концентрация	рефрактометр со шкалой своего гликоля	замерзание с запасом по проекту	пуск, каждую осень, после каждого долива
pH раствора	pH-метр	8–10	не реже раза в год
Ингибиторы и состав	лаборатория	по заключению поставщика раствора	раз в год
Железо	лаборатория	рост — признак активной коррозии	раз в квартал
Доливы	счётчик станции долива	около нуля	ежемесячно

Рефрактометр со шкалой этиленгликоля на пропиленгликоле врёт: шкалы разные. Пробу берут из работающего контура, а не из застойной ветки, поэтому в проекте нужен кран отбора проб на доступной высоте.

Если концентрация упала, часть раствора заменяют концентратом. Объём замены: $A = V \times (D - P) / (100 - P)$, где V — объём контура, P — фактическая концентрация, D — нужная.

Пример. $V = 60 \text{ м}^3$, $P = 34,3 \%$, $D = 40 \%$: $A = 60 \times 5,7 / 65,7 = 5,2 \text{ м}^3$. Сливают $5,2 \text{ м}^3$ раствора, заливают $5,2 \text{ м}^3$ концентрата, сутки циркуляции, контрольный замер.

7.6. Слив и утилизация

Гликоль не сливают в канализацию. В каждой нижней точке контура — дренажный кран с подключением шланга, в насосной — место для тары под слитый раствор. Слитый раствор неизвестного состояния повторно в контур не заливают: он идёт на утилизацию, а контур заполняют свежим.

Чек-лист раздела 7: гликоль

- ☐ Тип гликоля выбран по технологии и санитарным требованиям, концентрация — по СП 131.13330 с запасом 3–5 К и не ниже 25–30 % по объёму.
- ☐ Концентрация с единицей измерения стоит на схеме и в опросных листах машины и насосной группы.
- ☐ Теплоноситель ингибированный, готовый раствор; в контуре гликоля нет оцинкованных баков и труб.
- ☐ Водопровод к контуру не подключён, давление держит станция долива с реле давления и сигналами в диспетчерскую.
- ☐ Кран отбора проб на доступной высоте, регламент контроля концентрации и pH — в пояснительной записке.
- ☐ Дренажи в нижних точках и место для тары; слив — только на утилизацию.

Правило прохода: гликолевый контур с подпиткой из водопровода или с оцинкованной ёмкостью на выпуск не идёт.

8. Водоподготовка

Водоподготовка держит воду в пределах, которые выдерживает самый слабый материал контура. Реагенты подбирает водоподготовщик, а проект даёт ему всё, без чего он не сможет работать: точки дозирования, продувку, учёт, фильтрацию, места отбора проб и сигналы. Нормы качества воды градирни, расчёт циклов и боковой фильтрации подробно разобраны в руководстве ЭХ-АРМ002-RU «Градирни НСТ», раздел 10; здесь — то, что касается насосной, баков и станции водоподготовки.

8.1. Открытый и закрытый контур — разные задачи

Таблица 21 Водоподготовка открытого и закрытого контура

	Открытый контур градирни, контур орошения	Закрытый контур: чиллер, драйкулер, змеевик закрытой градирни
Что происходит с водой	испаряется, соли концентрируются в N раз	не испаряется, соли не растут
Откуда беда	накипь, взвесь из воздуха, биология, коррозия	кислород с каждой подпиткой, гальванические пары, старение гликоля
Главный инструмент	продувка по проводимости и дозирование	герметичность, мембранный бак, ингибитор, мало подпитки
Подпитка	постоянная, кубометры в час	около нуля; рост подпитки — течь
Легионелла	реальный риск: аэрозоль уноса	аэрозоля нет

Станции водоподготовки НСТ рассчитаны на испарительное охлаждение — открытые градирни, испарительные конденсаторы, контуры орошения. Программу для закрытого контура подбирает водоподготовщик отдельно (8.6).

8.2. Что дозируем

Четыре беды открытого контура кормят друг друга: отложения прячут металл от ингибитора, под ними идёт язвенная коррозия, продукты коррозии кормят бактерии, биоплёнка удерживает кристаллы накипи. Поэтому программа обработки — это набор:

- **ингибитор накипи** — фосфонаты и полимеры, мешают кристаллу закрепиться на стенке;
- **диспергент** — держит взвесь во взвешенном состоянии, чтобы она ушла с продувкой;
- **ингибитор коррозии** — плёнка на стали; для меди и латуни обязательны азолы;
- **биоцид** — окисляющий (гипохлорит, бром, диоксид хлора) и неокисляющий. Гипохлорит при pH выше 8 почти теряет активность — там нужен бром или диоксид хлора. Неокисляющий биоцид через 3–6 месяцев перестаёт работать из-за отбора устойчивых форм, поэтому биоциды чередуют. Биоплёнку один биоцид почти не берёт: нужен биодисперсант.

Если продувку сбрасывают в водоём или в канализацию с лимитом по фосфору, фосфатная программа может оказаться недопустимой — это выясняют до проекта.

Реагенты подбирают только по анализу воды. Новая система — проба подпиточной воды, действующая — подпитка и оборотная вода. Обязательный минимум — двенадцать показателей: pH, общая жёсткость, кальций, магний, общая щёлочность, электропроводность, сухой остаток, хлориды, сульфаты, железо общее, кремний (с указанием — в пересчёте на Si или на SiO₂, разница в 2,14 раза), взвешенные вещества. При меди или латуни в контуре обязателен аммоний. Ана-

лиз — в аккредитованной лаборатории, проба не старше месяца; pH, щёлочность, жёсткость и проводимость измеряют не позже 24 часов после отбора. Отбор проб — по ГОСТ Р 59024-2020, для микробиологии — по ГОСТ 31942-2012; перечень показателей для градирен — СП 340.1325800.2017, п. 5.1.6. Действующего российского документа с числовыми нормами качества оборотной воды нет: пределы берут по материалам контура у производителей оборудования.

Куда вводить. Каждый реагент — своей линией и своим насосом-дозатором, ёмкости в поддонах против пролива. Ввод — в напорную линию после насоса, в точку с гарантированным потоком, до теплообменника, через обратный клапан и инъекционный штуцер. Не в бассейн и не во всас: концентрат на всасе разъедает колесо. Дозирование блокируют сигналом «циркуляционный насос работает»: дозирование в стоящий контур даёт ударную концентрацию реагента.

Рисунок 30 Узел дозирования: каждый реагент своей линией в напорный участок между насосом и теплообменником; ввод во всас недопустим



8.3. Фильтрация

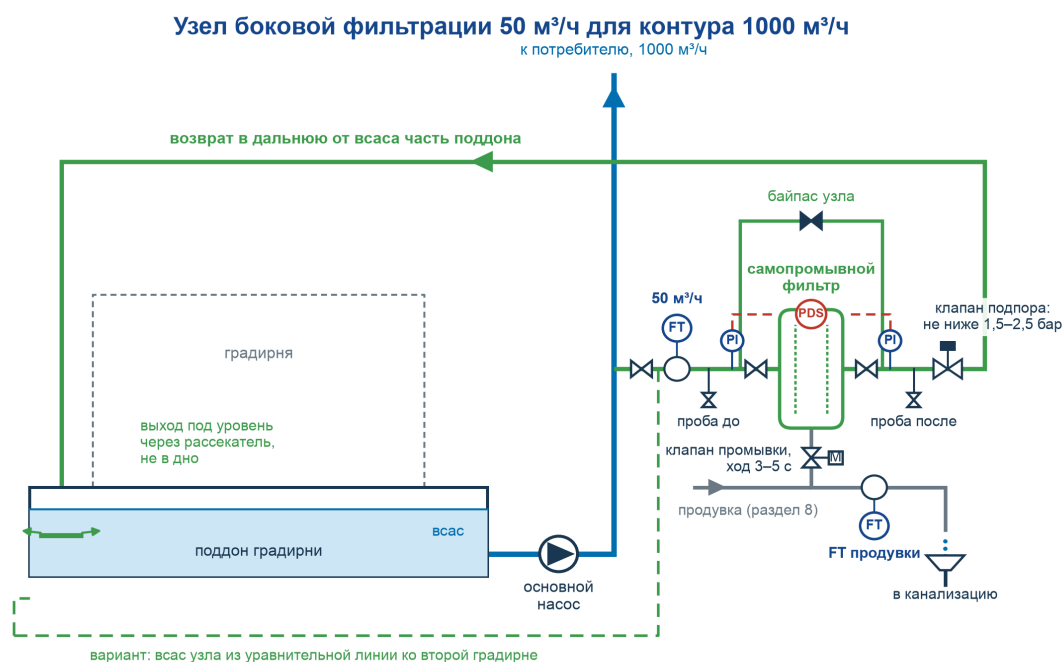
Химия взвесь не убирает, а взвесь защищает бактерии от биоцида и садится в теплообменниках. Фильтр и водоподготовка идут в проекте парой.

- **Полнопоточный фильтр** стоит на всём расходе перед аппаратом с узкими каналами — пластинчатым теплообменником, форсунками. Нужен байпас; в открытом контуре — на нагнетании, не на всасе (раздел 6.1).
- **Байпасная (боковая) фильтрация** — через фильтр постоянно идёт 3–7 % расхода циркуляции, весь объём системы проходит через него 6–8 раз в сутки; из двух оценок берут большую. Забился фильтр — потребитель этого не заметит. Ниже циркуляции около 100 м³/ч узел обычно не окупается.

Обвязка бокового узла: отбор с напора основного насоса (тогда эти 3–7 % закладывают в подбор насоса) или своим насосом; возврат — в дальнюю от всаса часть бака или поддона, не струей в дно; промывку фильтра выводят в линию продувки до её расходомера. Промывка уходит из кон-

тура как продувка и ограничивает циклы концентрирования: тип фильтра проверяют на это до выбора. Расчёт и таблица типов фильтров — ЭХ-АРМ002-RU, раздел 10.4.

Рисунок 31 Узел боковой фильтрации 50 м³/ч для контура 1000 м³/ч: отбор с напора, возврат в дальнюю часть поддона, промывка в линию продувки



8.4. Продувка по проводимости

Испарение уносит чистую воду, соли остаются. Отношение солесодержания в контуре к солесодержанию подпитки — циклы концентрирования N ; держит их продувка: $B = E / (N - 1)$, где E — испарение. Рабочий диапазон на практике — 3–6 циклов: дальше экономия подпитки почти не растёт, а риск накипи растёт.

Автоматика. Проводимость воды пропорциональна солесодержанию, поэтому продувкой управляет кондуктометр. Уставка = проводимость подпитки $\times N$.

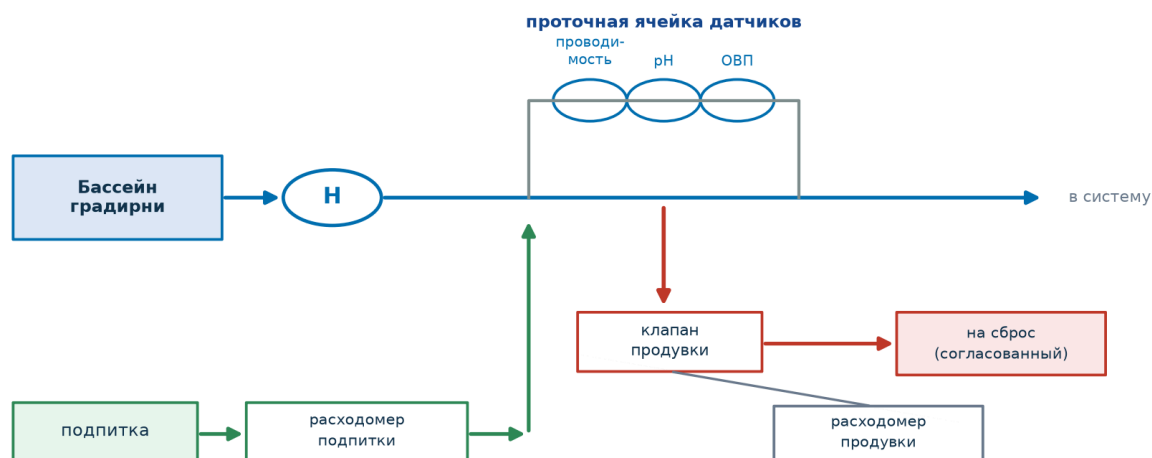
Пример. Подпитка 450 мкСм/см, допустимые циклы по анализу $N = 4$.

1. Уставка открытия клапана: $450 \times 4 = 1800$ мкСм/см. 2. Закрытие — с гистерезисом около 5 %: 1710 мкСм/см.

Узел продувки: отбор с напорной линии после насоса, где вода перемешана и есть давление; клапан нормально закрытый с электроприводом, диаметр — на худший режим; перед ним сетчатый фильтр, после — расходомер; выпуск через разрыв струи. Перелив, ручной кран «на глаз» и слив со дна поддона продувкой не являются. Сброс продувки — по техническим условиям владельца сети: в ней соли в N раз выше подпитки и остатки реагентов.

Рисунок 32 Узел продувки: клапан на напорном участке, проточная ячейка датчиков, расходомеры подпитки и продувки

Узел продувки: клапан, датчики, расходомеры



Клапан продувки — на напорном участке, а не самотёком из бассейна: самотёчная линия зарастает и не даёт нужного расхода.

Два расходомера обязательны: без них циклы считаются вслепую.

ПРИМЕЧАНИЕ

Бесплатная проверка на объекте. Считайте циклы по двум показателям — проводимости и хлоридам. Хлориды в осадок не выпадают. Если по хлоридам выходит 6, а по проводимости 4, часть солей уже осела на поверхностях.

8.5. Контроль: что и как часто

Периодичность задаёт скорость, с которой параметр уходит из нормы.

Таблица 22 Периодичность контроля открытого контура

Когда	Что	Кто
Постоянно	проводимость и pH — автоматикой, с журналом контроллера	станция водоподготовки
Ежедневно	уровень в бассейне, работа подпитки, нет ли перелива, реагент в баках, аварии на контроллере	персонал заказчика
Еженедельно	анализ оборотной и подпиточной воды: pH, проводимость, жёсткость, щёлочность, хлориды, железо, маркер программы; фактические циклы; погружная пластина на общее микробное число	сервис или обученный персонал
Ежемесячно	калибровка pH и проводимости, проверка подачи насосов-дозаторов (расхождение больше 10 % — ревизия), работа клапана продувки	сервис
Ежеквартально	купоны коррозии, фильтр боковой фильтрации, обвязка на течи	сервис
Ежегодно	слив, чистка бассейна и бака, осмотр оцинковки и змеевика, поверка приборов	сервис

Повторный лабораторный анализ подпитки — по графику из рекомендаций по водно-химическому режиму и внепланово: при смене источника, отключении водоподготовки, вводе новой градири, появлении накипи, коррозии, слизи или запаха.

Первые 60 суток на новой оцинковке — ежедневный журнал: pH, кальциевая жёсткость, проводимость, свободный хлор. В этот период держат pH 7,0–8,0 и кальций не ниже 100 мг/л. Типовая программа, рассчитанная на pH 8,5–9,0, на свежем цинке за один-два сезона съедает покрытие. Если водоподготовку ведёт третья сторона, режим пассивации пишут отдельным пунктом в её задание.

8.6. Закрытый контур

«Залил и забыл» не работает. Подпитка всё равно есть — через уплотнения, воздухоотводчики и бак, — и каждый литр приносит кислород и разбавляет ингибитор. Гликоль стареет и закисляет раствор (раздел 7.5). В застойных зонах заводятся сульфатредуцирующие бактерии, дающие питтинг.

Что закладывают в проект:

- только мембранный расширительный бак: открытый бак — постоянный источник кислорода;
- подпитку умягчённой водой и водомер с тревогой по суточному объёму (раздел 6.3). Руководство по эксплуатации NCT нормирует качество хладоносителя: pH 7,5–10, проводимость 10–500 мкСм/см, железо меньше 0,2 мг/л, и требует избегать резкого изменения насыщения кислородом;
- сетчатый фильтр перед аппаратами и первую промывку через байпас, до подключения машин;
- без электрической развязки не соединяют сталь, медь, алюминий и нержавейку — гальванические пары;
- кран отбора проб на работающей линии.

Программу ингибиторов (нитритную, молибдатную, с азолами для меди) подбирает водоподготовщик. Контроль — минимум раз в квартал: pH, концентрация ингибитора, железо, микробиология, при гликоле — концентрация и щёлочной резерв. Рост железа означает активную коррозию, даже если ингибитор в норме.

8.7. Станция водоподготовки NCT и что показать в проекте

Панели водоподготовки NCT — предварительно собранные, настенные, IP65, три исполнения.

Таблица 23 Станции водоподготовки NCT

Исполнение	Что делает	Состав	Когда
W0C	контроль проводимости и автоматическая продувка, без дозирования	контроллер-монитор, соленоидный клапан продувки, калибровочный раствор, щит	заведомо хорошая вода, небольшой контур
W2C	продувка плюс дозирование ингибитора накипи и коррозии и биоцида	контроллер, два дозирующих насоса высокого давления, полипропиленовые баки с поддонами, импульсный датчик уровня	стандарт по умолчанию
W3C	полная автоматика, три реагента по графику, учёт подпитки	контроллер, три дозирующих насоса, баки реагентов, счётчик-расходомер	сложная вода, непрерывное производство, крупный контур

Для подбора нужны протокол анализа воды и опросный лист по системе охлаждения: объём воды в системе, материалы труб и теплообменников, есть ли медь или латунь, режим работы, ис-

точник подпитки и куда сбрасывается продувка, пищевое ли производство и возможен ли контакт воды с продуктом.

На листах проекта:

- место под панель и баки — отапливаемое помещение, поддон против пролива, вода для промывки, вентиляция, если её требует паспорт безопасности реагента;
- врезки дозирования в напор после насоса, не ближе 5–10 диаметров трубы от датчика проводимости;
- узел продувки с клапаном, фильтром и расходомером, линия сброса по ТУ;
- расходомеры с импульсным выходом на подпитке и продувке — без них циклы не посчитать;
- точки отбора проб: подпитка, вода до градирни, вода после бассейна — на линии с постоянным потоком, доступные без лестницы;
- сигналы: проводимость, уровни реагентов, расходы, «циркуляционный насос работает», общая авария — в диспетчерскую.

8.8. Легионелла

Легионеллы живут в воде при 20–50 °С, прячутся в биоплёнке и разносятся аэрозолем уноса градирни. СанПиН 3.3686-21 (глава XLII) относит градирни и испарительные конденсаторы к системам, требующим периодического исследования воды на легионеллы. Проект делает три вещи: убирает тупики и застойные участки (отводы «на будущее» короче двух диаметров, резервные насосы в ротации), закладывает автоматическое дозирование биоцида и точки отбора проб. План контроля и пороги действий — ЭХ-АРМ002-RU, раздел 10.5.

Чек-лист раздела 8: водоподготовка

- ☐ Для каждого контура записано, открытый он или закрытый, и выбрана своя программа.
- ☐ Есть свежий анализ подпитки по двенадцати показателям, кремний — с формой пересчёта.
- ☐ Продувка автоматическая по проводимости, с напора, через разрыв струи; ТУ на сброс получены.
- ☐ Расходомеры с импульсным выходом на подпитке и продувке.
- ☐ Врезки дозирования в напор, каждый реагент своей линией, блокировка по работе циркуляционного насоса.
- ☐ Решение по фильтрации — полный поток, боковой или оба — принято и показано на схеме.
- ☐ Режим пассивации оцинковки и периодичность контроля — в пояснительной записке и в задании водоподготовщику.
- ☐ Тупиков нет, точки отбора проб доступны.

Правило прохода: открытый контур без автоматической продувки и расходомеров или закрытый контур с открытым баком на выпуск не идут.

9. Размещение

Насосная станция приходит одним модулем на раме, но место под неё решает проект: как подойти с ключом и тележкой, как вынуть двигатель, что будет зимой и куда уйдёт вода с пола. Ошибки этого раздела не видны на схеме и всплывают при первом ремонте.

9.1. Помещение, навес или контейнер

В опросном листе на насосную группу NCT есть прямой вопрос: где физически будет стоять группа — помещение, улица, навес, контейнер. От ответа зависят исполнение, обогрев и состав щита, поэтому его закрывают до подбора.

Таблица 24 Варианты размещения насосной станции

Вариант	Что обязательно заложить
Помещение (машинный зал, подвал, цех)	Проходы, зону перед щитом, подъём для демонтажа, трап, вентиляцию по тепловыделениям двигателей и преобразователей
Навес или улица	Защиту от осадков и замерзания, обогрев труб, исполнение щита по подбору
Контейнер	Площадку, ввод сетей и кабеля, отступы для обслуживания и открытия дверей

Контейнер NCT. Блочно-модульная насосная группа ставится в утеплённый блок-бокс типа «Север»: цельносварной неразборный каркас, рассчитанный на нагрузку 14 т, антивандальное исполнение, собственные системы отопления, вентиляции, освещения и пожаротушения. По материалам NCT контейнер рассчитан на работу при -60°C . Вместо помещения проектируют площадку, ввод сетей и электроснабжение контейнера с учётом его собственных систем.

Рисунок 33 Блочно-модульная насосная станция NCT в утеплённом контейнере перед отгрузкой с завода



Станция долива гликоля поставляется в исполнении для помещения с диапазоном температур окружающего воздуха от $+5$ до $+40^{\circ}\text{C}$. На мороз её не выносят (раздел 7.4).

9.2. Проходы и обслуживание

На плане группу рисуют по чертежу, выданному под ваш подбор, вместе с зоной обслуживания щита; каталожного габарита для стадии Р недостаточно. Что задаёт проходы:

- **самая крупная съёмная деталь** — двигатель, насос целиком, частотный преобразователь. Её габарит плюс тележка — ширина прохода от двери до группы;
- **зона перед щитом управления** — не менее 1,0–1,2 м, конкретное значение по действующей редакции ПУЭ и по тому, обслуживается щит с одной или с двух сторон. Эту зону не совмещают с проходом, по которому возят оборудование;
- **корзина фильтра** — место для её выемки на нагнетании или всасе;
- **бак** — люк, лестница, площадка и место для замены датчиков уровня.

Коллекторы кладут на собственные опоры, а не на патрубки насосов. Трассы над щитами не прокладывают; если иначе нельзя — поддон с отводом и ни одного разъёмного соединения на этом участке.

9.3. Подъём и демонтаж насоса

- **Монорельс, таль или точки подвеса** над линией насосов, рассчитанные строителями. В контейнерном исполнении таль или лебёдку закладывают для обслуживания и замены насосов без внешней техники.
- **Высота под крюком** — такая, чтобы двигатель снимался с насоса вертикально.
- **Затворы до и после каждого насоса** и фланцевые соединения: любой насос группы вынимают, не останавливая контур, — резервный в это время работает (раздел 10.4).

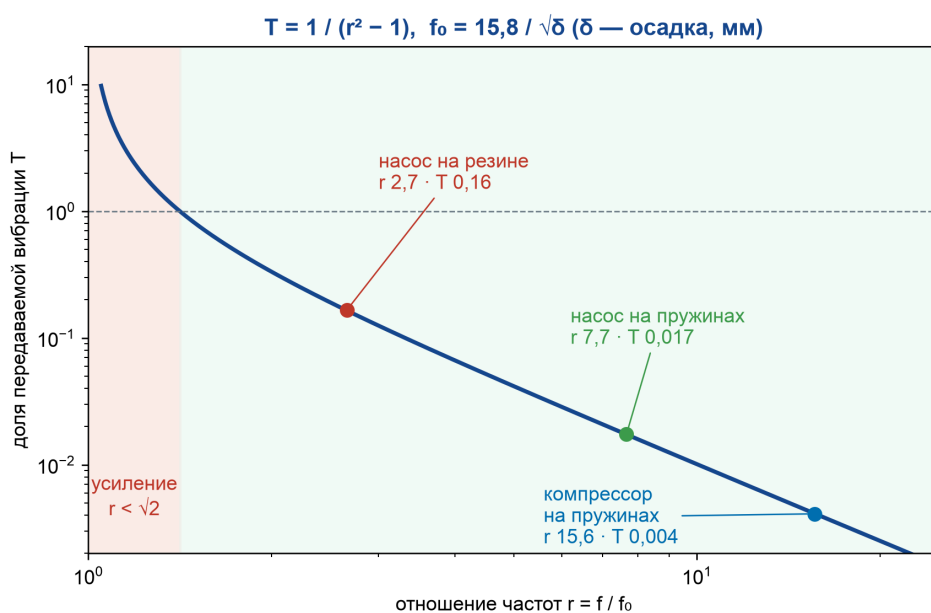
9.4. Шум и вибрация

Насос с двигателем 1450 об/мин возбуждает вибрацию с частотой $1450 / 60 = 24,2$ Гц. Виброопора гасит её, только если её собственная частота заметно ниже. Собственную частоту опоры без демпфирования считают по статической осадке δ (мм): $f_0 = 15,8 / \sqrt{\delta}$. Доля передаваемой вибрации $T = 1 / (r^2 - 1)$, где $r = f / f_0$. При r меньше $\sqrt{2}$ опора вибрацию не гасит, а усиливает.

Расчёт. Резина или пружины под насосом 24,2 Гц.

1. Резиновые опоры, осадка 3 мм: $f_0 = 15,8 / \sqrt{3} = 9,1$ Гц; $r = 24,2 / 9,1 = 2,66$; $T = 1 / (7,1 - 1) = 0,16$, проходит 16 % вибрации. 2. Пружинные опоры, осадка 25 мм: $f_0 = 15,8 / \sqrt{25} = 3,16$ Гц; $r = 7,66$; $T = 1 / (58,7 - 1) = 0,017$, проходит меньше 2 %. 3. Итог: над офисами, жильём и другими чувствительными помещениями — пружины. Окончательный подбор опор делает их производитель по массе и центру масс группы.

Рисунок 34 Опора работает только при r больше $\sqrt{2}$: резина пропускает 16 % вибрации насоса, пружина — меньше 2 %



Изолятор работает только справа от $\sqrt{2}$: резина гасит насос наполовину хуже, чем кажется, пружина — на порядок лучше

Опоры без гибких вставок бесполезны: вибрация уйдёт по трубе. Вставки входят в полную комплектацию группы NCT, трубы от группы подвешивают упруго. Удлинение трубы и её вес вставка не берёт — для этого опоры и компенсаторы на магистрали.

Шум. Ограничение по уровню шума от 40 до 80 дБА — отдельная строка опросного листа насосной группы. Нормы шума на территории — раздел 11.

9.5. Зима

Насос и рабочая среда. Насосная группа NCT PU(L) перекачивает воду и водные растворы этиленгликоля и пропиленгликоля в диапазоне от -15 до $+110$ °С при рабочем давлении до 16 бар. Если на улице есть вода без гликоля, её защищает только обогрев или слив, а не насос.

Бак на улице. Для эксплуатации зимой сборный бак NCT выпускают с заводской теплоизоляции и обогревом. Комплект подогрева по опросному листу — ТЭН и датчик температуры, установленные на баке. Мощность обогрева считают по теплотерям остановленного бака: $Q = U \times F \times (t_v - t_n)$.

Расчёт. Бак $8 \times 5 \times 3,6$ м на улице.

1. Площадь крышки и стенок без днища: $F = 40 + 2 \times 8 \times 3,6 + 2 \times 5 \times 3,6 = 133,6$ м². 2. Вода в баке не ниже $+4$ °С, расчётная зимняя температура для примера -28 °С (для объекта — по СП 131.13330.2025): разница 32 К. 3. Утеплённые панели, $U = 0,4$ Вт/(м²·К): $Q = 0,4 \times 133,6 \times 32 = 1,7$ кВт. 4. Без утепления, $U = 6$ Вт/(м²·К): $Q = 6 \times 133,6 \times 32 = 25,6$ кВт. 5. Итог: утеплённому баку хватает ТЭНа около 2 кВт, неутеплённому нужен примерно в 15 раз мощнее. Коэффициенты U приняты для примера.

ТЭН держит от замерзания стоящий бак и не греет контур. Включать его можно только при уровне воды выше нагревателя: блокировка по уровню обязательна (раздел 10.6). Трубы на улице греют отдельно — греющим кабелем с термостатами. Лучший обогрев бака — тёплое помещение.

9.6. Дренаж пола

- **Трап** у насосной группы и у бака; пол — с уклоном к трапу.
- **Каналы в полу** — только с уклоном к трапу и съёмными крышками. Трассы холодной воды в каналах не прокладывают: вода стоит, изоляция мокнет, осмотр невозможен.
- **Дренажный кран в каждой нижней точке** каждого отсекаемого участка — с выводом в трап.
- **Промывка фильтра** — дренаж рассчитывают на мгновенный расход промывки по паспорту фильтра; в открытом контуре её заводят в линию продувки до расходомера.
- **Перелив бака** — всегда открыт, с разрывом струи в канализацию.
- **Гликолевый контур** — сливы не в трап, а в тару (раздел 7.6).

Чек-лист раздела 9: размещение

- ☐ Вариант размещения выбран и записан в опросный лист; для контейнера заложены площадка, сети и электроснабжение его систем.
- ☐ Группа на плане — по чертежу под подбор, с зоной перед щитом 1,0–1,2 м по ПУЭ.
- ☐ Проходы — по самой крупной съёмной детали с тележкой; над щитами нет воды.
- ☐ Над насосами — монорельс или точки подвеса, высота под крюком позволяет снять двигатель вертикально.
- ☐ Виброопоры подобраны по осадке, есть гибкие вставки и упругие подвесы труб.
- ☐ Уличный бак — с теплоизоляцией и ТЭНом с термостатом и блокировкой по уровню; уличные трубы — с греющим кабелем.
- ☐ Есть трап, дренажи в нижних точках, перелив с разрывом струи; дренаж промывки фильтра посчитан.

Правило прохода: пустой пункт — план насосной на выпуск не идёт.

10. Автоматика

Автоматика насосной станции держит расход и напор, вводит резерв, защищает насосы и бак, ведёт подпитку, продувку и дозирование и сообщает о происходящем в диспетчерскую. Программу контроллера проектировщик не пишет. Он передаёт в раздел автоматизации перечень сигналов с точками установки, алгоритмы с уставками и перечень блокировок.

10.1. Что поставляется и где граница

Щит автоматики насосной группы NCT выпускают в двух исполнениях: с **частотным преобразователем** (плавное регулирование скорости насоса) или **вкл/выкл с устройством плавного пуска** (УПП, soft starter). Опционально — онлайн-мониторинг и подключение к диспетчеризации SCADA по протоколам Modbus RTU и Ethernet. Тип щита — строка опросного листа, рядом — длина кабельной трассы от группы до щита.

Уровней три: полевой (датчики, клапаны с приводом, преобразователи), локальный щит станции (ABP, ротация, регулирование, подпитка, защиты) и верхний — диспетчерская или система здания. Станция должна работать сама, если связь с верхним уровнем пропала: здание получает состояние и аварии, иногда задаёт уставку, но насосами напрямую не управляет. Если щитов несколько (чиллер, градирня, ХВП, насосная), проект говорит, какой главный и как они обмениваются сигналами; карту регистров запрашивают на стадии Р.

10.2. Частотное регулирование по перепаду давления

Частотный преобразователь (ЧПП, VFD — variable frequency drive) экономит, только если расход в контуре меняется. Во вторичном контуре с двухходовыми клапанами он меняется весь год; в первичном контуре с постоянным расходом через машины преобразователь служит для настройки расхода: руководство NCT допускает балансировку регулятором расхода или частотным регулятором насоса.

Две стратегии.

1. **Постоянный перепад на насосной группе.** Датчик на коллекторах, уставка — полный расчётный напор при любом расходе. Просто, но при малой нагрузке насос держит перепад, нужный только на полном расходе. 2. **Постоянный перепад на дальнем потребителе.** Датчик на подаче и обратке самой нагруженной ветки, уставка — только сопротивление этой ветки. Потери в магистрали падают с расходом по квадрату, и насос снижает напор вместе с ними.

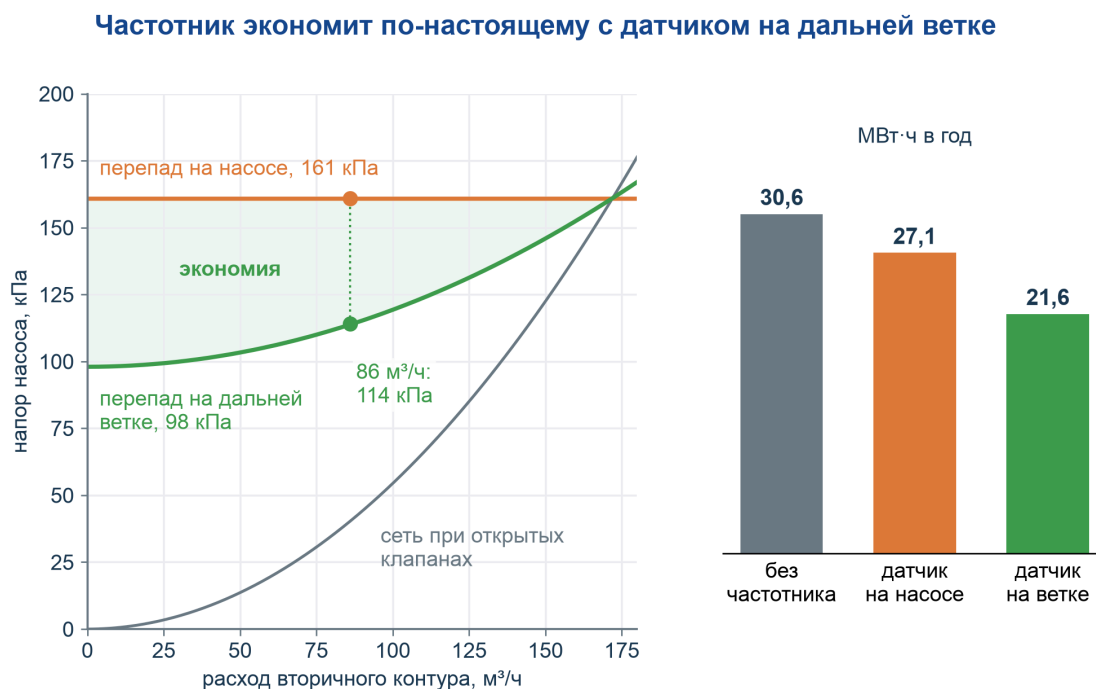
Кривая регулирования по дальнему потребителю: $H(V) = H_{\text{дал}} + (H_{\text{расч}} - H_{\text{дал}}) \times (V / V_{\text{расч}})^2$.

Расчёт. Вторичный контур 172 м³/ч. Расчётный напор 161 кПа, сопротивление дальней ветки 98 кПа; 4000 ч в год: 100 % расхода — 400 ч, 75 % — 1200, 50 % — 1600, 35 % — 800; КПД насоса с двигателем 0,675.

1. Кривая: $H = 98 + 63 \times (V / 172)^2$. 2. При 50 % расхода (86 м³/ч): $H = 98 + 63 \times 0,25 = 114$ кПа против 161 кПа при датчике на группе — мощность меньше примерно на 30 %. 3. Годовая энергия: без преобразователя — 30 700 кВт·ч, датчик на группе — 27 100 кВт·ч, датчик на дальней ветке — **21 600 кВт·ч**. 4. Итог: датчик на дальней ветке снижает расход энергии насосами примерно на 30 % против насоса без преобразователя и на 20 % против датчика у группы. Тариф и часы подставляйте свои.

На технологическом объекте с почти постоянной нагрузкой преобразователь во вторичном контуре окупается хуже — считайте по своему графику нагрузки.

Рисунок 35 Частотный преобразователь экономит по-настоящему с датчиком перепада на дальней ветке



Где ставить датчик перепада.

- На самой нагруженной ветке — той, по которой считали насос. Если нагрузка ходит между несколькими ветками, ставят несколько датчиков и регулируют по тому, у которого перепад ниже уставки.
- Отборы — до регулирующего клапана ветки и после её балансировочного клапана, чтобы датчик видел всю ветку.
- Не у группы «потому что кабель короче»: это возвращает к стратегии 1.

Нижняя граница — машина. В первичном контуре и в схеме с переменным расходом через машины преобразователь не может опускать расход ниже минимума испарителя — типично 40–50 % номинала, точную цифру даёт паспорт машины (раздел 5). Если частотного регулирования, регулятора расхода или балансировочного клапана нет в спецификации, на пусконаладке их не появится.

10.3. Каскад насосов

Два насоса с преобразователями на половине скорости каждый часто берут меньше, чем один на полной: каждый работает ближе к максимуму КПД. Какую комбинацию держать при каком расходе, определяют по кривым выбранных насосов и записывают в алгоритм: число работающих насосов меняется по расходу или по частоте, с гистерезисом и выдержкой времени, чтобы группа не переключалась каждую минуту.

Условия, без которых каскад не работает:

- насосы в параллели — одного типоразмера: слабый насос на общем коллекторе «задавит» сильный, его обратный клапан закроется, и он будет крутиться без расхода, нагреваясь;

- обратный клапан на нагнетании каждого насоса.

10.4. Ротация по наработке и автоматический ввод резерва

Каждая насосная группа NCT комплектуется рабочим и резервным агрегатом; автоматическое переключение — без участия оператора. В задании на автоматику проектировщик записывает три вещи.

- **Что считается отказом насоса:** авария преобразователя или защиты двигателя; нет подтверждения работы после команды; нет перепада давления на насосе через заданное время после пуска (по реле перепада или датчикам давления, если они заложены в КИП).
- **Что делает АВР (автоматический ввод резерва):** пускает резервный насос без останова холодильной машины, подаёт сигнал в диспетчерскую, требует ручного сброса аварии насоса. АВР успевает, только если переключение и разгон резерва короче выдержки реле протока машины и запаса объёма в контуре.
- **Ротацию:** по наработке, чтобы резерв не закисал; переключение — только при остановленной группе или в заданное время, без одновременного пуска двух насосов на общий коллектор.

Рисунок 36 АВР и ротация насосной группы: резерв должен восстановить поток раньше, чем работает реле протока машины



АВР успевает, только если переключение короче выдержки реле протока машины и запаса объёма

10.5. Защиты

Таблица 25 Защиты насосной станции

Защита	Чем выполняется	Что делает
Сухой ход	Реле нижнего уровня в баке (LSL) или давления на всасе (PSL)	Запрет пуска и останов насоса, авария
Отказ насоса по давлению	Реле перепада на насосе или датчики давления на всасе и нагнетании	Пуск резерва, авария

Защита	Чем выполняется	Что делает
Перегрузка и перегрев двигателя	Защита преобразователя, УПП или автомата двигателя	Останов насоса, пуск резерва
Засор фильтра	Реле перепада на фильтре (PDS)	Сигнал «чистить фильтр»
Перелив бака	Реле верхнего аварийного уровня (LSH)	Закреть подпитку помимо контроллера, авария

ВНИМАНИЕ

Защиту от сухого хода закладывает проект. Руководство NCT по чиллерам прямо говорит: она «должна быть реализована силами проектной и монтажной организации». В станции долива гликоля реле протока работает как защита от сухого хода её насоса. Для основной группы место под реле уровня или давления рисует технолог на схеме.

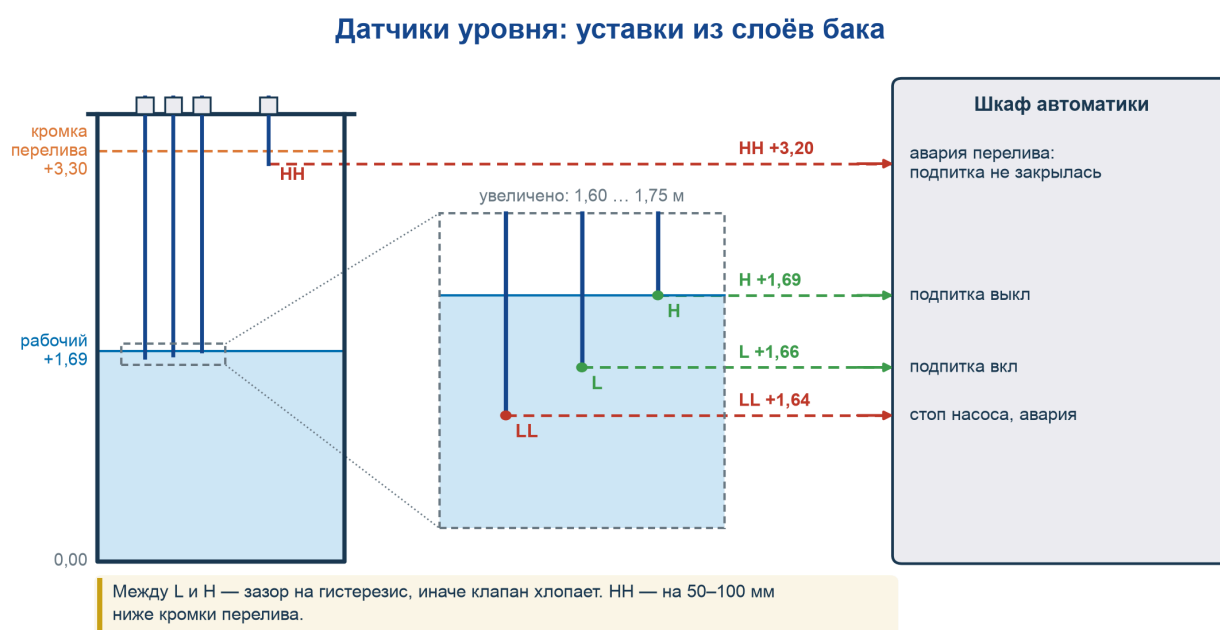
10.6. Уровни бака и подпитка

Открытый бак. В базовой комплектации бака NCT — до трёх датчиков уровня; опросный лист требует кондуктометрические датчики и ввод в бак, скошенный под 45°, чтобы турбулентность не давала ложных срабатываний. Уставки считают от отметок бака:

- **LL — аварийно низкий:** стоп насосов, авария, запрет ТЭНа;
- **L — включение подпитки:** чуть ниже рабочего уровня;
- **H — отключение подпитки:** рабочий уровень;
- **HH — аварийно высокий:** на 50–100 мм ниже кромки перелива, сигнал «подпитка не закрылась».

Между L и H — зазор на гистерезис, иначе клапан хлопает. Слишком долгая подпитка — тревога «утечка». ТЭН включается, только если вода холоднее уставки, уровень выше аварийного минимума и насосы стоят; блокировку по уровню дублируют в схеме питания.

Рисунок 37 Датчики уровня и их уставки: стоп насоса, подпитка вкл, подпитка выкл, авария перелива



Закрытый контур. Здесь подпитку ведут по давлению. Станция долива гликоля NCT держит давление готовым раствором: реле давления 1–6 бар пускает насос, когда давление в контуре падает ниже уставки. Число доливов — в журнал: рост частоты доливов означает утечку.

10.7. Дозирование реагентов и управление продувкой

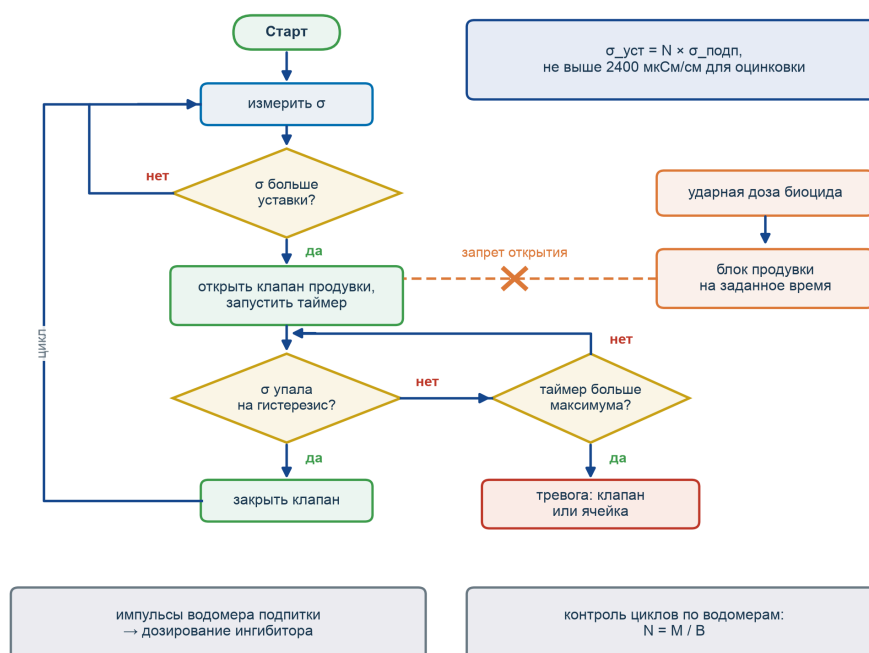
Это задача открытого контура градирни. Панели ХБП NCT выпускают в трёх вариантах: **W0C** — контроль солесодержания и управление продувкой; **W2C** — дозирование реагентов и продувка; **W3C** — дозирование тремя насосами, контроль солесодержания и продувка. Подробно водный режим разобран в разделе 8 и в руководстве ЭХ-АРМ002-RU «Градирни NCT», раздел 10.

Уставка продувки считается, а не берётся «из практики»: $\sigma_{уст} = N \times \sigma_{подп}$ с проверкой по пределу для материала контура.

Расчёт. Удельная электропроводность подпитки 400 мкСм/см, целевые циклы упаривания $N = 5$: уставка $5 \times 400 = 2000$ мкСм/см — ниже предела 2400 мкСм/см для оцинковки по данным производителей градирен. При подпитке 600 мкСм/см пять циклов дали бы 3000 — выше предела, поэтому $N = 2400 / 600 = 4$, уставка с запасом — около 2200 мкСм/см.

В алгоритм закладывают также гистерезис и максимальное время открытия клапана продувки (тревога «забит клапан или ячейка»), дозирование ингибитора пропорционально подпитке по импульсам водомера, блокировку продувки после ударной дозы биоцида и контроль циклов по двум водомерам: $N = M / B$. Ячейку электропроводности ставят в проточной линии с напора, а не в поддоне или тупике.

Рисунок 38 Продувка по электропроводности: логика контроллера и блокировка после ударной дозы биоцида



10.8. Сигналы в диспетчерскую

Таблица 26 Сигналы насосной станции в диспетчерскую

Сигнал	Тип	Источник
Работа и авария каждого насоса, режим «автомат»	DI	Щит насосной

Сигнал	Тип	Источник
Частота преобразователя, авария преобразователя	AI, DI	Преобразователь
Давление на всасе и нагнетании, перепад у дальнего потребителя	AI	Датчики PT, PDT
Расход в магистрали	AI	Расходомер FT
Уровень в баке, аварийные LL и HH	AI, DI	LT, LSL, LSH
Засор фильтра	DI	PDS
Подпитка и продувка, импульсы водомеров	DI	Водомеры FQ
Электропроводность, работа дозирования	AI, DI	Панель ХВП
Давление в закрытом контуре, работа станции долива	AI, DI	Датчик у расширительного бака, щит станции долива
Общая авария станции	DO	Контроллер

Обозначения — по ГОСТ 21.208; AI, DI — аналоговый и дискретный вход, DO — дискретный выход.

Рисунок 39 Провод — для того, что должно сработать всегда, шина — для того, что полезно знать



По шине — данные и уставки, защиты — только проводом. Резерв точек контроллера — 20 %, но не меньше двух каждого типа.

Чек-лист раздела 10: автоматика

- ☐ Выбран тип щита — с преобразователем или с УПП; указаны протокол и объём диспетчеризации.
- ☐ Датчик перепада — на дальней ветке, отборы охватывают всю ветку; нижний предел расхода — по паспорту машины.

- ☐ Каскад: число насосов по расходу или частоте с гистерезисом.
- ☐ АВР и ротация описаны: признаки отказа, время переключения меньше выдержки реле протока.
- ☐ Защита от сухого хода — на схеме и в спецификации; реле протока и блок-контакт — проводом в машину.
- ☐ Уставки LL, L, H, HH и блокировка ТЭНа по уровню — в задании.
- ☐ Уставка продувки посчитана от анализа подпитки; водомеры на подпитке и продувке есть.
- ☐ Перечень сигналов в диспетчерскую и резерв точек 20 % — в задании на автоматику.

Правило прохода: пустой пункт — задание на автоматику не выдаётся.

11. Российские нормы

Норма не подбирает насос и не считает бак: она задаёт, что проект обязан доказать и как оформить. Работоспособность доказывают расчёт и подбор производителя в приложении к записке. Ниже — документы, на которые опирается раздел с насосной станцией, баками и водоподготовкой, и что из каждого берут.

ВНИМАНИЕ

Статус норм. Номера пунктов не приводим намеренно: редакции меняются. Перед ссылкой в записке сверяйте действующую редакцию и статус документа (обязательный или добровольного применения) в справочной правовой системе.

11.1. Карта норм

Таблица 27 Нормы для проекта насосной станции, баков и водоподготовки

Участок	Документ	Что берём в проект
Холодоснабжение, насосы, баки, трубопроводы	СП 60.13330.2020 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха»	Требования к системам, трубопроводам, арматуре, размещению и доступу для обслуживания
Испытания трубопроводов	СП 73.13330.2016 «Внутренние санитарно-технические системы зданий»	Давление и порядок гидростатического испытания — в общие указания
Изоляция	СП 61.13330.2012 «Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов»	Толщина изоляции холодных труб по невыпадению конденсата
Климат	СП 131.13330.2025 «Строительная климатология» (введён 09.09.2025)	Зимняя температура для обогрева баков и труб, летние параметры для градирни
Анализ воды	СП 340.1325800.2017 (п. 5.1.6); ГОСТ Р 59024-2020 «Вода. Общие требования к отбору проб»; ГОСТ 31942-2012 «Вода. Отбор проб для микробиологического анализа»; ГОСТ 31954-2012, ГОСТ 31957-2012, ГОСТ 31865-2012	Перечень показателей анализа подпиточной и оборотной воды, отбор проб, методы определения жёсткости и щёлочности
Легионелла	СанПиН 3.3686-21, глава XLII	Градирни и системы охлаждения — потенциально опасные объекты: точки отбора, отсутствие тупиков, автоматическая продувка и биоцид
Подпитка и сброс продувки	СанПиН 2.1.3684-21 (косвенно); технические условия водоканала	Качество подпитки из водопровода, лимит подпитки, условия сброса продувки
Шум на территории	СанПиН 1.2.3685-21 (таблица 5.35); СП 51.13330.2011 «Защита от шума»	У жилой застройки: днём 55 дБА эквивалентный и 70 дБА максимальный, ночью 45 и 60 дБА; методы расчёта и мероприятия
Санитарно-защитная зона	СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03	Сооружения оборотного водоснабжения допускается размещать в границах СЗЗ
Оборудование под давлением	ТР ТС 032/2013; ГОСТ 34347	Фильтры и сосуды на напорной линии — паспорт по ГОСТ 34347, чертёж и расчёт на прочность

Участок	Документ	Что берём в проект
Пар и вода выше 115 °С	ФНП № 536 (действуют до 01.01.2027)	Порог — пар выше 0,07 МПа и вода выше 115 °С; трубопроводы насосной группы НСТ (среда до +110 °С) ниже порога, проверяйте другие участки узла
Состав проекта	Постановление Правительства РФ от 16.02.2008 № 87 (редакция от 21.10.2025)	Состав разделов стадии П; по его тексту действует до 01.09.2028
Оформление	ГОСТ Р 21.101-2020; ГОСТ 21.110-2013; ГОСТ 21.205; ГОСТ 21.206; ГОСТ 21.208-2013; ГОСТ 21.408-2013; ГОСТ 21.602	Общие требования, спецификация, обозначения трубопроводов и арматуры, КИП, рабочая документация автоматизации и ОВиК

Чего в нормах нет. СП 31.13330.2021 «Водоснабжение. Наружные сети и сооружения» раздела об охлаждающих системах оборотного водоснабжения не содержит. Такой раздел был в СНиП 2.04.02-84 (раздел 11) — это историческая основа, а не действующая норма. Действующего российского документа с числовыми нормами качества оборотной воды тоже нет: СП 340.1325800.2017 задаёт только перечень показателей. В записке так и пишут: климат — по СП 131.13330.2025, водный режим — по анализу воды и рекомендациям производителя оборудования.

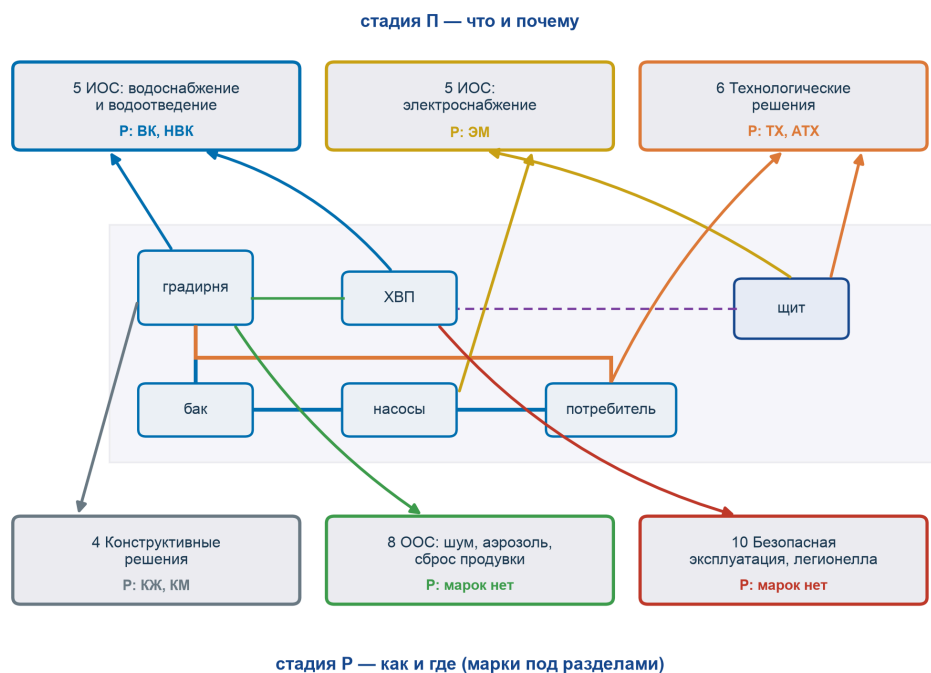
Испытания. По СП 73.13330 водяные системы холодоснабжения испытывают давлением 1,5 рабочего, но не менее 0,2 МПа в нижней точке, с выдержкой 5 минут и падением не более 0,02 МПа. Машину и оборудование с меньшим допустимым давлением на время испытания отсекают — это фраза в общих указаниях. Насосная группа НСТ на заводе проходит гидравлическое испытание на прочность давлением 0,675 МПа не менее 30 минут; сварные швы контролируют по уровню качества «В» ISO 5817.

11.2. Где насосная станция в разделах проекта

Таблица 28 Насосная станция, баки и водоподготовка в разделах стадии П и марках стадии Р

Что	Стадия П, раздел	Стадия Р, марка
Насосы, баки, холодоснабжение здания	5, подраздел отопления, вентиляции и кондиционирования	ОВ, ХС
Контур как часть технологии	6 «Технологические решения»	ТХ
Подпитка, продувка, водный баланс, сброс	5, подразделы водоснабжения и водоотведения	ВК, НВК
Автоматизация и КИП	В составе подраздела 5 или раздела 6, к которому относится контур	АТХ, АОВ, АВК
Питание насосов, ТЭНов, греющего кабеля	5, подраздел электроснабжения	ЭМ
Фундаменты, рамы, площадки	4 «Конструктивные решения»	КЖ, КМ
Шум, сброс продувки	8 «Охрана окружающей среды»	—
Легионелла, безопасная эксплуатация	10	—

Рисунок 40 Контур с насосной станцией в разделах стадии П и марках стадии Р



Отдельного раздела автоматизации в стадии П нет: описание систем автоматизации даётся в том подразделе, к которому относится контур. Марки и шифры подразделов фиксирует задание на проектирование.

11.3. Что ставить в проект

- **Водный баланс** с циклами упаривания, расходами подпитки и продувки — уже на стадии П: без него нет технических условий на сброс.
- **Сведения о сбросе продувки:** объём, состав, точка сброса, технические условия владельца сети. Если сброс ограничен по фосфору, безфосфорные реагенты подбирают до пуска.
- **Кислотная промывка:** отработанный раствор нейтрализуют до pH 6,5–8,5 и сбрасывают по согласованию.
- **Мероприятия против легионеллы** по СанПиН 3.3686-21: точки отбора проб, отсутствие тупиков, автоматическая продувка, дозирование биоцида.
- **Документы на оборудование под давлением** — требование в спецификации и в задании на закупку сразу.
- **Одна таблица исходных данных контура** — расход, температуры, объёмы, подпитка, продувка, электрические нагрузки, на неё ссылаются все разделы. Это снимает замечания о несовпадении цифр между ВК, ТХ и ЭМ.
- **Закупка по 44-ФЗ:** товарный знак — со словами «или эквивалент» и функциональными параметрами: расход, напор, среда, температура, резерв, тип щита, шум.

Чек-лист раздела 11: российские нормы

- ☐ Каждая норма в общих данных — с датой редакции, сверенной перед выпуском.
- ☐ Расчётная зимняя температура для обогрева взята по СП 131.13330.2025.

- ☐ В указаниях — давление испытания и отсечение оборудования с меньшим допустимым давлением.
- ☐ Водный баланс и сведения о сбросе продувки есть на стадии П.
- ☐ Мероприятия по легионелле и уровень шума на границе нормируемой территории описаны.
- ☐ Для фильтров и сосудов под давлением в спецификации — паспорт, чертёж, расчёт на прочность.

Правило прохода: пустой пункт — раздел на экспертизу не идёт.

12. Самопроверка

Раздел собирает ошибки, которые чаще всего находят в проектах насосных станций, баков и водоподготовки, вопросы, которые проектировщики задают заводу, и итоговый чек-лист по всей книге. Пройдите его перед выпуском стадии и перед отправкой опросного листа.

12.1. Типичные ошибки проекта

Таблица 29 Типичные ошибки проекта насосной станции, баков и водоподготовки

№	Ошибка	Чем грозит	Как правильно
1	Насосы разного типоразмера на общем коллекторе	Слабый насос «задавлен», крутится без расхода и греется	Насосы в параллели — одного типоразмера, обратный клапан на каждом (раздел 6)
2	Датчик перепада у насосной группы «потому что кабель короче»	Частотный преобразователь экономит вдвое меньше	Датчик на самой нагруженной ветке, отборы охватывают всю ветку (раздел 10.2)
3	Защиты от сухого хода нет ни на схеме, ни в спецификации	Сгоревшее торцевое уплотнение при первом опорожнении бака	Реле нижнего уровня в баке или давления на всасе — силами проекта (раздел 10.5)
4	Реле протока заведено только в контроллер станции или передаётся по шине	Зависание контроллера снимает защиту машины от замерзания	Реле протока и блок-контакт насоса — проводом в цепь безопасности машины
5	Сетчатый фильтр тонкой очистки на всасе насоса градирни	Самая большая потеря на всасе, кавитация	Решётка в поддоне или баке, тонкий фильтр — на нагнетании
6	Бак не рассчитан на сток при остановке, перелив с задвижкой	Перелив при каждой остановке, затопление помещения или вентиляторов градирни	Объём между рабочим уровнем и переливом больше стока; перелив всегда открыт, с разрывом струи
7	Продувка через перелив или ручной кран	Циклы плавают: перерасход воды или накипь	Клапан продувки по электропроводности (раздел 10.7)
8	Нет водомеров на подпитке и продувке	Циклы не посчитать, дозирование вслепую	Водомеры с импульсным выходом
9	Уставка продувки «1000 мкСм/см» без анализа подпитки	Лишний сброс или накипь	Уставка = $N \times \sigma$ подпитки, не выше предела для материала контура
10	ТЭН бака без блокировки по уровню или как «подогрев контура»	Перегоревший ТЭН, недогретый контур	ТЭН только против замерзания стоящего бака, с термостатом и реле уровня
11	Гликолевый контур подпитывается водопроводом	Раствор разбавляется, защита от замерзания сползает с -14°C к -10°C и выше	Станция долива готовым раствором, контроль концентрации каждую осень (раздел 7)
12	Позиции «в составе оборудования» без строки спецификации: УПП вне щита, кабели, ответные фланцы	Не закуплены, всплывают на монтаже	Каждый элемент — отдельной строкой с границей поставки на схеме

12.2. Частые вопросы проектировщиков

«Сколько резервных насосов закладывать?» Типовая насосная группа NCT — 1 + 1: рабочий и резервный на полный расход с автоматическим вводом резерва. Для средних и крупных конту-

ров с переменным расходом — 2 + 1, три насоса одного типоразмера. Первичный контур нескольких машин — насос на машину и общий резерв. → разделы 4.4, 10.4

«Частотный преобразователь или плавный пуск?» Преобразователь окупается там, где расход меняется: вторичный контур с двухходовыми клапанами, датчик перепада на дальней ветке. В примере раздела 10.2 он снижает расход энергии примерно на 30 %. На технологии с почти постоянной нагрузкой хватает щита с УПП — считайте по своему графику. → раздел 10.2

«Можно поставить насосную на улице?» Насосную группу — в контейнере «Север»: утеплённый блок-бокс с отоплением, вентиляцией и пожаротушением, работа при $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$. Станцию долива гликоля — только в помещение, $+5\dots+40\text{ }^{\circ}\text{C}$. → раздел 9.1

«Сборный бак на улице замёрзнет?» С заводской теплоизоляцией и ТЭНом — нет. Бак $8 \times 5 \times 3,6\text{ м}$ при $-28\text{ }^{\circ}\text{C}$ удерживает $+4\text{ }^{\circ}\text{C}$ ТЭНом около 1,7 кВт; без утепления понадобилось бы 25,6 кВт. ТЭН — с термостатом и блокировкой по уровню. → раздел 9.5

«Какую уставку продувки ставить?» Её считают: электропроводность подпитки, умноженная на целевые циклы, с проверкой по пределу материала. Подпитка 400 мкСм/см и пять циклов — 2000 мкСм/см; при 600 мкСм/см для оцинковки — четыре цикла и около 2200. → раздел 10.7

«Зачем водомеры, если продувка автоматическая?» Проводимость показывает соли сейчас, водомеры — сколько воды ушло. Без них не проверить циклы, не дозировать ингибитор пропорционально подпитке и не увидеть расхождение циклов по проводимости и по хлоридам — первый признак отложений. → раздел 10.7

«Экспертиза спрашивает, по какому своду правил рассчитан обратный контур». Прямой действующей нормы на расчёт контура градирни нет: в СП 31.13330.2021 такого раздела нет, он был в СНиП 2.04.02-84. В записке пишут: климат — по СП 131.13330.2025, водный режим — по анализу воды, оборудование — по подбору производителя. → раздел 11.1

«Каким давлением испытывать насосную?» Систему — 1,5 рабочего, не менее 0,2 МПа в нижней точке, выдержка 5 минут, падение не более 0,02 МПа (СП 73.13330). Насосная группа НСТ уже испытана на заводе давлением 0,675 МПа не менее 30 минут. Оборудование с меньшим допустимым давлением на время испытания отсекают. → раздел 11.1

12.3. Итоговый чек-лист проекта

Чек-лист собран по всей книге. Пункт, который к вашей схеме не относится (например, водоподготовки нет в закрытом контуре), отметьте словами «не применяется», а не оставляйте пустым.

Исходные данные

- ☐ Опросный лист заполнен: расход, полезный напор, открытый или закрытый контур, среда и температура, резерв, комплектация, тип щита, ограничения по шуму, мощности и габаритам, место установки (раздел 3).
- ☐ Для открытого контура есть анализ подпиточной воды с отбором проб по ГОСТ Р 59024-2020 (разделы 3, 8).

Расчёт и схема

- ☐ Напор посчитан по самому нагруженному кольцу, фильтр — на пороге чистки, рабочая точка в зоне высокого КПД (раздел 4).
- ☐ Схема резерва выбрана: 1 + 1, 2 + 1 или насос на машину с общим резервом; насосы в параллели одного типоразмера.

- ☐ Кавитационный запас на всасе проверен в худшем режиме; насос градирни — ниже минимального уровня в баке.
- ☐ Объём бака проверен на сток при остановке; расширительный бак и предохранительный клапан закрытого контура посчитаны (разделы 4, 6).

Обязка и баки

- ☐ У каждого насоса — затворы до и после, фильтр, гибкие вставки, обратный клапан, манометры на всасе и нагнетании (раздел 6).
- ☐ У бака — перелив без арматуры с разрывом струи, дренаж, подпитка, датчики уровня, люк и лестница.
- ☐ Коллекторы и трубы опираются на свои опоры, не на патрубки насосов.

Гликоль и вода

- ☐ Концентрация гликоля выбрана по температуре замерзания с запасом; долив — станцией готовым раствором, а не водопроводом (раздел 7).
- ☐ Для открытого контура заложены панель ХВП, водомеры на подпитке и продувке, уставка продувки посчитана от анализа (разделы 8, 10.7).

Размещение

- ☐ Проходы, зона перед щитом, подъём и путь выноса насоса — на плане (раздел 9).
- ☐ Виброопоры подобраны по осадке, уличные бак и трубы защищены от замерзания, у группы есть трап.

Автоматика

- ☐ Тип щита, датчик перепада на дальней ветке, каскад, АВР и ротация описаны в задании (раздел 10).
- ☐ Защита от сухого хода и уставки уровней бака — на схеме и в задании; защиты машины — проводом.
- ☐ Перечень сигналов в диспетчерскую с резервом точек передан в раздел автоматизации.

Нормы и документы

- ☐ Нормы — с датой редакции; давление испытания и отсечение оборудования — в указаниях; водный баланс и сброс продувки — на стадии П (раздел 11).
- ☐ Каждая позиция схемы — отдельной строкой спецификации, граница поставки нарисована на схеме.

Правило прохода: хоть один пункт пуст — проект не выпускается. Расходится с подбором производителя — решает подбор; подбор молчит — запрос заводу и ответ в записке.

13. Наши объекты

Насосные группы NCT работают в металлургии, машиностроении, пищевой и химической промышленности, нефтепереработке, на социальных и торговых объектах — чаще всего в паре с градирней NCT, иногда для охлаждения чиллера или абсорбционной машины. В таблице — объекты из референс-листа насосных групп NCT, где указаны модель и задача. Модель записана так, как в референс-листе.

Таблица 30 Объекты с насосными группами NCT

Отрасль	Объект	Оборудование NCT	Задача
Металлургия	Челябинский металлургический завод	Насосная группа PU-155/40 с градирней	Маслоохладители гидравлического прессы кузнечно-прессового комплекса
Металлургия	Ступинская металлургическая компания	Насосная группа PU-110/75	Охлаждение сталеплавильной печи
Металлургия	Производство гранулированного чугуна, Усолье-Сибирское	Насосная группа PU-55/45	Охлаждение печи опытно-промышленной установки
Литейное производство	«ЕМФ Технологии», Смоленская обл.	Насосная группа PU-80/45	Охлаждение индукционных печей
Машиностроение	Машиностроительный завод им. М. И. Калинина, Екатеринбург	Насосная группа PU-405/50 в контейнере «Север»	Охлаждение технологических процессов
Машиностроение	Колюменский машиностроительный завод	Насосная группа PU-145/25	Охлаждение двух испытательных стендов
Машиностроение	Центральное конструкторское бюро машиностроения, Ленинградская обл.	Четыре группы: PU-300/60, PU-516/25, PU-600/30, PU-355/22	Охлаждение испытательного стенда
Машиностроение	«Промальянс»	Группы PU-80/20, PU-30/55, PU-30/5	Оборотное водоснабжение испытательного стенда двигателя
Ж/д ремонт	Улан-Удэнский локомотивовогагоноремонтный завод	Две группы PU-80/50 с градирнями	Охлаждение вагранок и закалочной ванны
Алюминиевый профиль	«Татпроф», Набережные Челны	Группа PU-80/50-1/1-18,5-FC, щит с частотным преобразователем, сборный бак 4,5 м ³	Технологическое охлаждение
Химия	Завод водных дисперсий «Акрилан», Владимир	Насосная группа PU-105/25	Охлаждение реакторов
Нефтепереработка	Нефтеперерабатывающий завод, Омск	Насосная группа PU-800/50 в контейнере	Охлаждение технологических процессов
Пищевая	«Челны Холод», производство мороженого	Насосные группы PU-55/45	Охлаждение фризеров
Пищевая	ТОО «ДЕП», молочная продукция, Казахстан	Насосная группа PU-80/20	Охлаждение установок производства сгущенного молока

Отрасль	Объект	Оборудование НСТ	Задача
Пищевая	Соковый концентрат «Спартан», Воронеж	Две группы PU-430/25	Выпарная установка и линия производства сока
Пищевая	«Фруктис», плодоовощная продукция, Краснодарский край	Группы PU-180/25 и PU-80/30 с градирнями	Вакуум-выпарные установки и стерилизаторы фруктового пюре
Пищевая	«Крахмалопродукт», Тамбовская обл.	Насосная группа PU-400/50	Конденсаторы вакуум-выпарных установок паточного цеха
Напитки	Ярцевский комбинат алкогольных и безалкогольных напитков	Насосная группа PU-100/20	Охлаждение промышленных пастеризаторов
Пищевые ингредиенты	Завод Döhler, Лобня	Группы PU-550/27, PU-150/37, PU-102/37	Охлаждение конденсаторов абсорбционных машин
Культура	Пензенский государственный цирк	Группы PU-285/26 и PU-400/17	Охлаждение двух абсорбционных машин на газе для кондиционирования
Торговля	ТРЦ «Акватория», Шлиссельбург	Насосная группа PU-45/20	Охлаждение чиллера НСТ системы кондиционирования

Рисунок 41 Внутри блочно-модульной насосной станции НСТ: насосы, коллекторы и арматура в утеплённом контейнере



Баки. Сборный бак НСТ на хладоцентре хранилища бананов в Санкт-Петербурге смонтирован прямо внутри хладоцентра: цельносварной бак туда было бы невозможно занести без разборки здания. На заводе «Татпроф» сборный бак 4,5 м³ поставлен в комплекте с насосной группой и щитом.

Водоподготовка. Панели ХВП NCT работают на предприятиях атомной отрасли в Ленинградской области, в металлургии (Орловский сталепрокатный завод, химико-металлургический завод в Красноярске), в пищевой промышленности (сахарные заводы в Липецкой и Пензенской областях, фабрики мороженого, молочные и консервные производства), в фармацевтике (Ленинградская и Московская области), на торговых центрах и административных зданиях в России и Казахстане. Исполнение панели и задача по каждому объекту в референс-листе не указаны.

Чего в наших референс-листах нет. Объектов со станциями долива гликоля NCT-SGL в источниках нет — линейка новая. Общий референс-лист NCT 2026 года описывает объекты градирен и не называет поставленные с ними насосные группы и баки, поэтому в таблицу он не вошёл. Список объектов с насосными станциями в презентации 2026 года дан без моделей и задач. Если нужен пример в вашей отрасли или на похожем режиме, укажите это в опросном листе (раздел 3): подберём объект и расскажем, как решена обвязка.

Следующий шаг

Пришлите опросный лист и исходные данные из раздела 3. Мы подберём оборудование на ваш режим и выдадим подбор, основные технические решения и схемы обвязки, а готовый раздел проверим до экспертизы. Всё это бесплатно.

«Энергия Холода» / NCT · Санкт-Петербург · nc-t.ru · colden.ru

Телеграм-канал Максима Краснова, генерального директора: t.me/krasnov_energy

Словарь терминов

Термин	Что значит
Открытый контур	Контур градирни: вода контактирует с воздухом, упаривается и требует подпитки и продувки
Закрытый контур	Контур под давлением без свободной поверхности; объём при нагреве принимает расширительный бак
Насосная группа 1 + 1	Рабочий и резервный насос на полный расход с автоматическим вводом резерва
Полезный напор	Напор, который станция отдаёт в сеть за своими фланцами, без её внутреннего сопротивления
Кавитационный запас (NPSH)	Превышение давления на всасе над давлением насыщенного пара; NPSHa даёт система, NPSHr требует насос
Точка максимального КПД (BEP)	Подача, при которой у насоса наибольший КПД; рабочую точку держат рядом с ней
Крайняя правая точка	Режим параллельного насоса после отказа соседа: подача больше расчётной, растут мощность и NPSHr
Погружение выхода (submergence)	Высота воды над всасывающим патрубком в баке, при которой не образуется воронка
Буферный бак	Бак на обратке, через который идёт весь поток; добавляет объём и сглаживает температуру
Эффективный объём	Вода, которая на малой нагрузке возвращается к машине за минуты
Перемычка, гидравлический разделитель (decoupler)	Участок между коллекторами первичного и вторичного контуров, забирает разницу расходов
Точка нулевого давления	Место подключения расширительного бака у всаса, где давление не меняется при пуске насоса
Разрыв струи	Свободный перелив подпитки в бак через воздушный зазор, исключает обратный поток в водопровод
Станция долива гликоля	Ёмкость с готовым раствором, насос и реле давления: держит давление в контуре, не разбавляя раствор
Грязевик	Корпус большего сечения на трубе, где скорость падает и шлам оседает в камеру со сливом
Дыхательный патрубок	Патрубок на крышке открытого бака, через который бак впускает и выпускает воздух
Циклы концентрирования, N	Во сколько раз солесодержание оборотной воды выше, чем у подпитки
Продувка (blowdown)	Постоянный сброс части оборотной воды, который держит циклы концентрирования
Байпасная фильтрация (side-stream filtration)	Постоянная фильтрация части расхода циркуляции
Пассивация цинка	Образование защитной плёнки на новой оцинковке в первые недели работы
Частотный преобразователь (VFD)	Меняет скорость насоса под фактический расход
Устройство плавного пуска (soft starter)	Снижает пусковой ток; насос работает в режиме «включён — выключен»
ABP	Автоматический ввод резервного насоса при отказе рабочего

Список литературы

1. «Энергия Холода». Насосные группы NCT — каталог.
2. «Энергия Холода». NCT PU(L) — заводские насосные станции — презентация, 2026.
3. «Энергия Холода». Насосная группа NCT; Сборные баки NCT; Станции долива гликоля NCT — технико-коммерческие предложения, 2026.
4. «Энергия Холода». Химводоподготовка NCT — каталог, июнь 2025; Химводоподготовка (ХВП) — презентация, 2026.
5. «Энергия Холода». Требования к анализу воды, версия 1.0, 2026; Опросный лист по системе охлаждения, версия 1.0.
6. Опросные листы: насосная группа NCT; сборно-панельный бак NCT; ёмкости цилиндрическая, прямоугольная и с перемешивающим устройством.
7. «Энергия Холода». Референс-лист насосных групп NCT, 2021; Референс-лист NCT, 2026.
8. ANSI/HI 9.6.1, 9.6.3, 9.8 — стандарты Гидравлического института по насосам.
9. СП 60.13330.2020 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха».
10. СП 73.13330.2016 «Внутренние санитарно-технические системы зданий».
11. СП 61.13330.2012 «Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов».
12. СП 131.13330 «Строительная климатология».
13. СП 340.1325800.2017.
14. ГОСТ Р 59024-2020; ГОСТ 31942-2012.
15. СанПиН 3.3686-21; СанПиН 2.1.3684-21; СанПиН 1.2.3685-21; СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03.
16. СП 51.13330.2011 «Защита от шума».
17. ТР ТС 032/2013; ГОСТ 34347; ФНП «Правила промышленной безопасности при использовании оборудования, работающего под избыточным давлением» (приказ Ростехнадзора № 536).
18. ГОСТ 12820-80; ГОСТ 15180-86.
19. Постановление Правительства РФ от 16.02.2008 № 87; ГОСТ Р 21.101-2020; ГОСТ 21.110-2013; ГОСТ 21.208-2013; ГОСТ 21.408-2013.
20. «Энергия Холода». Градирни NCT. Проектирование и обвязка. Руководство для инженеров ЭХ-АРМ002-RU, 2026.
21. «Энергия Холода». Чиллеры NCT. Проектирование и обвязка. Руководство для инженеров ЭХ-АРМ003-RU, 2026.
22. «Энергия Холода». Драйкулеры, АВО и испарительные конденсаторы NCT. Руководство для инженеров ЭХ-АРМ005-RU, 2026.



«Энергия Холода» / NCT — российский производитель градирен, чиллеров, драйкулеров, испарительных конденсаторов, насосных групп и автоматики NCT и эксклюзивный партнёр Thermax в России с 2011 года.

Санкт-Петербург · nc-t.ru · colden.ru

Подбор оборудования на ваш режим, основные технические решения, схемы обвязки и проверка раздела до экспертизы — бесплатно для проектировщика заказчика.

Telegram-канал Максима Краснова, генерального директора: t.me/krasnov_energy

ЭХ-АРМ006-RU (октябрь 2026). Материал для проектировщиков, распространяется свободно. Рабочие параметры для проекта — по техническому предложению на конкретную модель.