ГРААЛЬ
НАУЧНО ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ КОМПАНИЯ

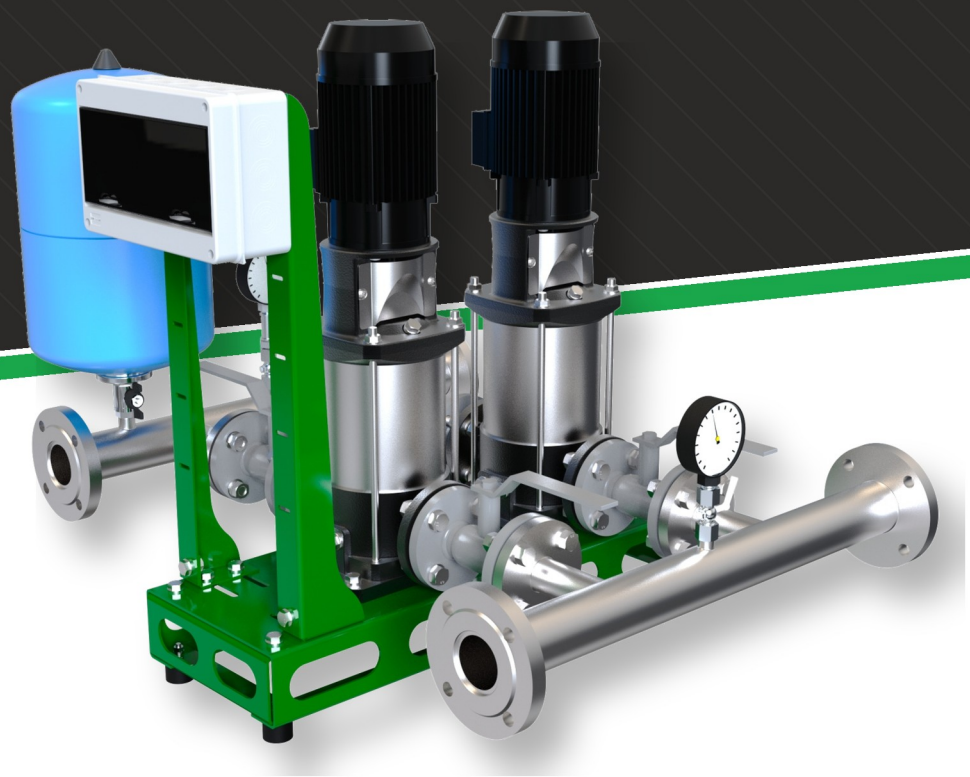
ООО «НПК Грааль»
г. Иваново

ШКАФ УПРАВЛЕНИЯ НАСОСАМИ ШУН-ПЧ

для станций повышения давления,
преобразователь частоты на каждый насос

РУКОВОДСТВО

по эксплуатации



НПК Грааль

Шкафы управления насосами станций повышения давления

г. Иваново · 2026

www.npkgraal.com · +7 (4932) 20-00-38

СОДЕРЖАНИЕ

Введение ... 3
Принятые сокращения ... 3
Условные обозначения ... 3
Указания мер безопасности ... 4
1 Описание и работа ... 5
1.1 Назначение и область применения ... 5
1.2 Условное обозначение (карта заказа) ... 5
1.3 Технические характеристики ... 5
1.4 Состав и комплект поставки ... 6
1.5 Устройство и работа составных частей ... 6
1.6 Органы управления и индикации ... 7
1.7 Режимы работы ... 7
1.8 Алгоритм работы ... 7
1.9 Диспетчеризация ... 8
1.10 Панель оператора ... 8
1.11 Маркировка и пломбирование ... 11
1.12 Упаковка ... 11
2 Использование по назначению ... 12
2.1 Эксплуатационные ограничения ... 12
2.2 Монтаж ... 12
2.3 Электрическое подключение ... 12
2.4 Пусконаладочные работы ... 12
2.5 Действия персонала при эксплуатации ... 17
2.6 Возможные неисправности и методы их устранения ... 17
3 Техническое обслуживание ... 19
3.1 Общие указания ... 19
3.2 Виды и периодичность ТО ... 19
3.3 Вентиляция шкафа по мощности ... 19
4 Текущий ремонт ... 20
5 Хранение ... 20
6 Транспортирование ... 20
7 Утилизация ... 20
8 Гарантии изготовителя ... 21
9 Сведения о рекламациях ... 21
Приложение 1. Карта регистров Modbus ... 22
Приложение 2. Схема электрическая ... 23
Приложение 3. Протокол настройки шкафа ... 24

Если содержание не отображается, нажмите в Word правой кнопкой по полю содержания → «Обновить поле».

Введение

Настоящее руководство по эксплуатации (далее – РЭ) распространяется на шкафы управления насосами ШУН-ПЧ производства ООО «НПК Грааль» для насосных станций повышения давления с частотным регулированием (2–4 насоса, преобразователь частоты на каждый насос). РЭ предназначено для ознакомления персонала с устройством, техническими характеристиками, порядком монтажа, **пусконаладки и настройки**, эксплуатации и технического обслуживания шкафа.

РЭ применяется совместно со схемой электрической принципиальной ШУН-NПЧN-Р.ЭЗ, паспортом насосной станции и документацией изготовителей комплектующих (преобразователи частоты, программируемое реле ОВЕН ПР100, панель оператора, датчики). Программное обеспечение панели оператора постоянно совершенствуется, поэтому вид экранов может незначительно отличаться от приведённого в РЭ.

В связи с постоянным усовершенствованием продукции в конструкцию могут быть внесены изменения, не ухудшающие характеристик шкафа и не отражённые в настоящем РЭ. РЭ хранится у эксплуатирующей организации весь срок службы шкафа.

Принятые сокращения

Сокращение	Расшифровка
ШУН-ПЧ	шкаф управления насосами с преобразователями частоты
ПЧ (UZ1…UZ4)	преобразователь частоты насоса 1…4
ПЛК (A1)	программируемое реле ОВЕН ПР100-24.1208.03.1
Панель (A2)	сенсорная панель оператора 7" на двери шкафа
BP1, BP2, SP1	датчики давления 4–20 мА (напорный коллектор); ЭКМ / реле давления сухого хода (входной коллектор)
KV1, KM1	реле контроля фаз; линейный контактор ввода
Р зад, ΔР пуска	заданное давление; снижение давления для выхода из режима «сон»
ПИД	пропорционально-интегрально-дифференциальный регулятор
ПНР / ТО	пусконаладочные работы / техническое обслуживание

Условные обозначения

ВНИМАНИЕ!
Указание, несоблюдение которого может привести к поражению электрическим током, отказу оборудования или травме.

ЗАПРЕЩАЕТСЯ!
Действие, выполнение которого недопустимо.

ПРИМЕЧАНИЕ
Дополнительные сведения.

Указания мер безопасности

– Монтаж, ПНР и ТО шкафа выполняются персоналом с группой по электробезопасности не ниже III, изучившим настоящее РЭ, схему Э3 и РЭ преобразователей частоты.
– Перед монтажом и вводом в эксплуатацию проверьте все соединения и контакты внутри шкафа (после транспортирования клеммы силовых цепей подтягиваются обязательно).
– Монтаж, демонтаж, подключение и ТО выполняются при отключённом питании шкафа (аппарат в ВРУ и вводной автомат QF1) с вывешиванием запрещающих плакатов.
– **После отключения питания ПЧ сохраняют опасное напряжение на звене постоянного тока.** К работам на клеммах ПЧ и двигателей приступать не ранее чем через 5–10 минут (время – по РЭ ПЧ), убедившись в отсутствии напряжения прибором.
– Перед подачей питания шкаф и станция должны быть надёжно заземлены.
– Питание шкафа от генератора допускается при стабильных параметрах напряжения и частоты и мощности генератора, достаточной для пуска насосов (с учётом гармоник ПЧ – по РЭ ПЧ).
– Шкаф в режиме «Автомат» может пустить насосы в любой момент без предупреждения, в том числе после восстановления питания.

ЗАПРЕЩАЕТСЯ!

прикасаться к токоведущим частям при поданном питании;

устанавливать коммутационные аппараты между ПЧ и двигателями;

испытывать мегаомметром цепи ПЧ, ПЛК, панели и датчиков;

эксплуатировать шкаф с открытой дверью, неработающей вентиляцией или засорёнными фильтрами;

изменять программу ПЛК и параметры ПЧ без согласования с изготовителем.

Если монтаж и пуск выполнены с нарушением настоящего РЭ, ответственность за последствия несёт пользователь.

1 Описание и работа

1.1 Назначение и область применения

Шкаф предназначен для управления и защиты насосов станции повышения давления и автоматического поддержания заданного давления в напорном трубопроводе за счёт регулирования частоты вращения насосов. Применяется в системах хозяйственно-питьевого и производственного водоснабжения (СП 30.13330.2020, п. 13.21).

Основные функции:

- режимы работы «Автомат», «Ручной», «Останов»;
- поддержание давления ПИД-регулятором, каскадное подключение дополнительных насосов, синхронное регулирование работающих насосов;
- чередование насосов по наработке, автоматическое включение резервного насоса при аварии рабочего;
- режим «сон» при отсутствии водоразбора;
- защита двигателей от перегрузки, блокировки ротора, обрыва фаз и короткого замыкания (функции ПЧ), защита от сухого хода, контроль сети (KV1);
- контроль наличия воды на входе по ЭКМ или реле давления (дискретный сигнал);
- отображение параметров, журнала событий и графиков на сенсорной панели;
- диспетчеризация: сухие контакты «Норма/Авария», «Работа», «Сухой ход»; RS-485 Modbus RTU или Ethernet Modbus TCP (по заказу).

Условия эксплуатации: в помещении при температуре от +5 до +35 °C (до +40 °C – по РЭ ПЧ со снижением мощности), относительной влажности до 80 % без конденсации; не допускается установка вблизи легковоспламеняющихся жидкостей, в местах воздействия морской воды, дыма, агрессивных газов, токопроводящей пыли и механических ударов.

1.2 Условное обозначение (карта заказа)

ШУН – 3 ПЧ 3 – 1R1 – 0

Позиция	Значение
3 (перед «ПЧ»)	количество преобразователей частоты
ПЧ	частотное управление насосами
3 (после «ПЧ»)	количество насосов: 2, 3 или 4
1R1	мощность одного насоса: 0R7 – 0,75 кВт; 1R1 – 1,1 кВт; 1R5 – 1,5 кВт; 2R2 – 2,2 кВт; 3 – 3 кВт; 4 – 4 кВт и т. д.
0	диспетчеризация: 0 – отсутствует; 1 – RS-485 (Modbus RTU); 2 – Ethernet (Modbus TCP)

1.3 Технические характеристики

Параметр	Значение
Напряжение питания	3~380 В, 50 Гц, TN-S (TN-C-S), один ввод
Допустимое отклонение напряжения	по РЭ ПЧ (как правило −15…+10 %); вне допуска – отключение KM1 реле KV1
Количество насосов / ПЧ	2…4 / по одному ПЧ на насос
Мощность насоса	0,37…75 кВт и более – по исполнению
Время срабатывания защиты при перегрузке	до 5 с (характеристика – по настройке ПЧ)

Параметр	Значение
Время срабатывания защиты от сухого хода	настраиваемое, по умолчанию 5 с
Защита при блокировке ротора	до 1 с
Защита при коротком замыкании на выходе ПЧ	до 0,1 с
Напряжение цепей управления	=24 В (UG1); ~230 В – катушка KM1, вентиляторы
Входы датчиков	2 × 4–20 мА (BP1, BP2 – напорный коллектор), дискретный вход сухого хода (ЭКМ / реле давления), вход «Разрешение работы»
Выходы диспетчеризации	3 сухих контакта (~250 В / =30 В, до 2 А); RS-485 / Ethernet
Дальность Modbus TCP	до 100 м (экранированная витая пара)
Степень защиты оболочки	IP54
Охлаждение	принудительная вентиляция с фильтрами, термостат (п. 3.3)
Назначенный срок службы	10 лет

1.4 Состав и комплект поставки

– шкаф управления в сборе (корпус, монтажная панель, аппараты по Э3, панель оператора на двери);
– руководство по эксплуатации (настоящий документ), схема Э3;
– документация на ПЧ, ПЛК, панель оператора и датчики;
– карта регистров Modbus (при D = 1, 2); спецификация оборудования – по запросу.

1.5 Устройство и работа составных частей

1.5.1 Ввод и контроль сети

Питание подводится к клеммам X1 (до 30 кВт) или непосредственно к вводному автомату QF1. Реле контроля фаз KV1 контролирует наличие, чередование, перекос и уровень напряжения и управляет линейным контактором KM1: при нарушении параметров сети KM1 отключается, ПЧ и двигатели обесточиваются: ПЛК фиксирует это как потерю связи с ПЧ по RS-485 (отдельного входа «Сеть в норме» нет). После восстановления сети KM1 включается автоматически.

1.5.2 Силовая часть насосов

Каждый насос питается от своего ПЧ (UZ1…UZ4) через автомат QF2…QF5. ПЧ обеспечивает плавный пуск и останов, регулирование частоты и защиту двигателя. Управление ПЧ (пуск, стоп, задание частоты) и чтение параметров (частота, ток, мощность, код ошибки) выполняются ПЛК по RS-485 (Modbus RTU). Управление ПЧ – **только по RS-485**: дискретные входы и релейные выходы ПЧ не используются; авария ПЧ определяется по коду ошибки и по потере связи (тайм-аут). Применяемые ПЧ – Systeme HERZ (параметры – п. 2.4.2).

1.5.3 Система управления

Программируемое реле ОВЕН ПР100-24.1208.03.1 (A1) – 8 дискретных входов, 4 аналоговых входа, 8 релейных выходов, порт RS-485 (Master). На одной линии RS-485 работают ПЧ (адреса 16–19) и панель оператора (адрес 1). Панель A2 (порт COM2) – Slave для диспетчеризации.

Вход/выход ПЛК	Назначение
DI1	SP1 – вода на входе есть (размыкание – сухой ход)
DI2	разрешение работы (внешний контакт X4:1–2, при отсутствии – перемычка)
DI3…DI8	резерв
AI1 / AI2	BP1 – давление в напорном коллекторе; BP2 – резервный датчик (опция). На входном коллекторе аналогового датчика нет – только ЭКМ / реле давления (DI1)
DO1 / DO2 / DO3	реле K1 «Норма (нет аварий)» / K2 «Работа станции» / K3 «Сухой ход» → X5

1.5.4 Питание =24 В и вентиляция

Блок питания UG1 (от QF6) питает ПЛК, панель, датчики (через предохранитель FU1) реле и лампу HL1 «СЕТЬ» на двери. Вентилятор с фильтром M5 (на двери внизу) и дополнительный M6 включаются термостатом SK1 (от QF7); количество и типоразмер вентиляторов и выпускных решёток – по суммарной мощности ПЧ (п. 3.3).

1.6 Органы управления и индикации

На двери шкафа: вверху – зелёная лампа **HL1 «СЕТЬ»** (=24 В от блока питания UG1, горит при наличии питания цепей управления), **сенсорная панель оператора 7"**, внизу – решётка вентилятора M5; изнутри на двери – болт заземления M6, разводка – в кабель-каналах DKC 40×25. Все команды (работа/останов, автомат/ручной, ручной пуск насосов, сброс аварий), настройки и индикация выполняются с панели. Внутри шкафа: автоматы QF1…QF7, индикаторы реле KV1, K1…K3, светодиоды ПЧ и ПЛК.

1.7 Режимы работы

Режим	Включение на основном экране	Работа
Автомат	переключатели «Работа» и «Авто»	основной режим: автоматическое поддержание давления, каскад, чередование, резерв, защиты
Ручной	«Работа» и «Ручной»	возле пиктограмм насосов появляются кнопки ручного пуска; насос работает на «частоте ручного режима»; защиты действуют
Останов	«Останов»	насосы остановлены; при ручном сбросе – сброс аварий насосов

1.8 Алгоритм работы

1.8.1 Поддержание давления и каскад

1) При P < P зад − ΔP пуска пускается ведущий насос (с наименьшей наработкой); ПИД-регулятор изменяет его частоту по сигналу BP1.
2) Частота ≥ «частоты подключения» дольше «времени до подключения» → пуск следующего насоса; работающие насосы регулируются с одинаковой частотой.
3) Частота ≤ «частоты отключения» дольше «времени до отключения» → останов последнего подключённого насоса.
4) Один насос на «частоте отключения» при достигнутом давлении → режим «сон» (останов); повторный пуск при снижении давления на ΔP пуска.

1.8.2 Чередование и резервирование

Ведущим назначается насос с наименьшей наработкой (при каждом новом пуске, а при непрерывной работе – по таймеру). Насос с аварией (реле ПЧ, код ошибки ПЧ, потеря связи) исключается из работы и заменяется следующим исправным; авария отображается красным цветом и записывается в журнал.

1.8.3 Защиты станции

- **Сухой ход:** SP1 разомкнут дольше задержки → останов всех насосов, авария «Сухой ход», реле K3.
- **Датчик давления:** ток < 3,6 мА или > 21 мА → «Ошибка датчика»; работа по BP2 (при наличии) или останов.
- **Высокое давление:** P > P зад + ΔP авар. → останов насосов, авария (защита сети от превышения давления).
- **Сеть:** нарушение фаз → KV1 отключает KM1, ПЧ теряют питание (потеря связи по RS-485), после восстановления – автоматический повторный пуск через 5–10 с, если до отключения был режим «Работа/Авто».
- **Разрешение работы:** снято → останов без аварии, восстановлено → продолжение работы.

1.8.4 Сброс аварий

Параметр «Сброс ошибки»: **автоматический** – ошибки насосов сбрасываются каждую минуту (при устранении причины); **ручной** – переводом станции в «Останов» переключателем на основном экране.

1.9 Диспетчеризация

Клеммы	Сигнал	Логика
X5:1–2	Норма / Авария (K1)	замкнут – норма; разомкнут – авария, нет питания, обрыв линии
X5:3–4	Работа станции (K2)	замкнут – работает хотя бы один насос
X5:5–6	Сухой ход (K3)	замкнут – авария «Сухой ход»
X5:7–10	RS-485: A, B, GND, экран	Modbus RTU, панель – Slave; адрес и скорость – в настройках панели

Карта регистров Modbus (Приложение 1) поставляется с документацией на станцию при D = 1, 2. Исполнение D = 2 – порт Ethernet (Modbus TCP) на панели.

1.10 Панель оператора

Экран выбирается кнопками в левой части панели: основной экран, журнал событий, экран графиков, экран настроек.

1.10.1 Основной экран



Рисунок 1 – Основной экран (мнемосхема станции)

- Вверху – переключатели «Работа / Останов» и «Ручной / Авто», индикатор аварий (красный – есть активные аварии; нажатие открывает окно активных ошибок).
- Пиктограмма насоса: серый – ожидание, зелёный – работа, красный – авария; над пиктограммой – текущая частота, Гц. Нажатие открывает окно параметров насоса: статус, расшифровка ошибки, частота, ток, мощность, число пусков, наработка (мин).
- На мнемосхеме – давление в напорном коллекторе и наличие воды на входе; объекты, требующие внимания, выделены красным.
- В ручном режиме рядом с насосами – кнопки ручного пуска.

1.10.2 Журнал событий

Фиксируются с отметками времени появления и снятия: станция отключена, ручной режим, аварии насосов и ПЧ, сухой ход, ошибка датчика давления, авария сети, нет связи с ПЧ.

1.10.3 Экран графиков

Переключатель тренда (вверху справа): частота ПЧ каждого насоса, количество работающих насосов, давление, общий (все графики). Полоса прокрутки под графиком – просмотр предыдущих периодов.

1.10.4 Экраны настроек

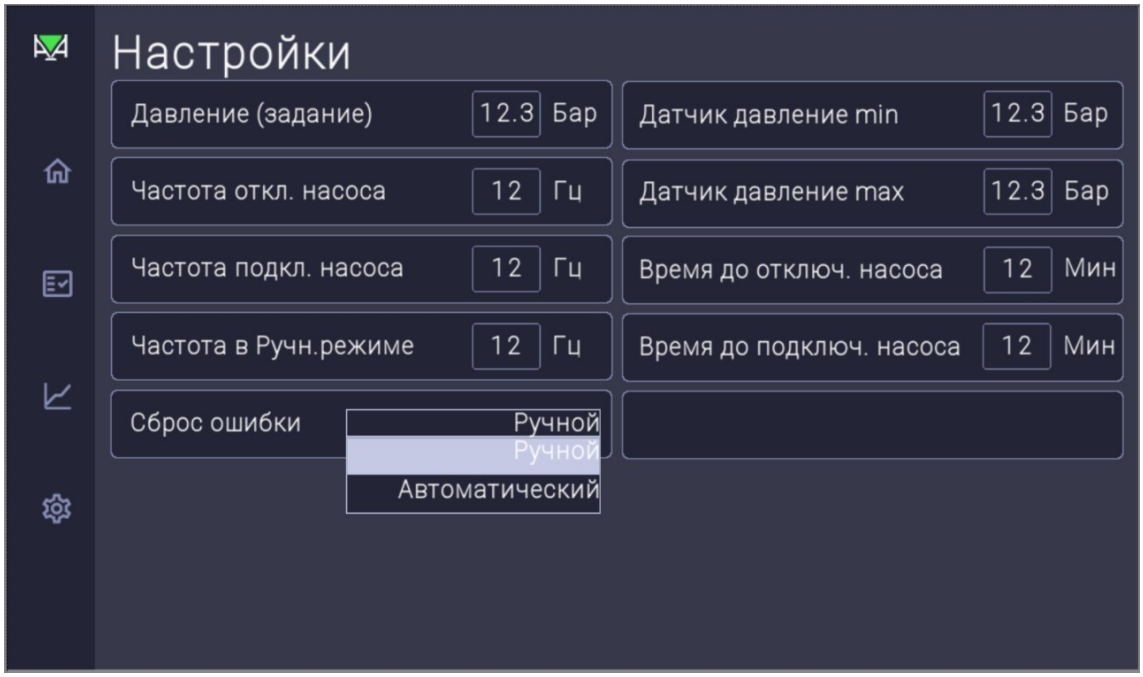


Рисунок 2 – Экран настроек

Параметр	Описание
Давление (задание)	требуемое давление на выходе станции, бар
Частота откл. насоса	частота, ниже которой (дольше «времени до отключения») отключается насос
Частота подкл. насоса	частота, выше которой (дольше «времени до подключения») подключается дополнительный насос
Частота в ручн. режиме	частота насосов при ручном включении
Датчик давления min / max	нижний / верхний предел диапазона датчика по его паспорту (0 и 6, 10, 16 бар)
Время до откл. / подкл. насоса	выдержки времени, мин
Сброс ошибки	ручной / автоматический (п. 1.8.4)
Коэффициенты ПИД (P, I, D)	настройки регулятора давления (п. 2.4.6)

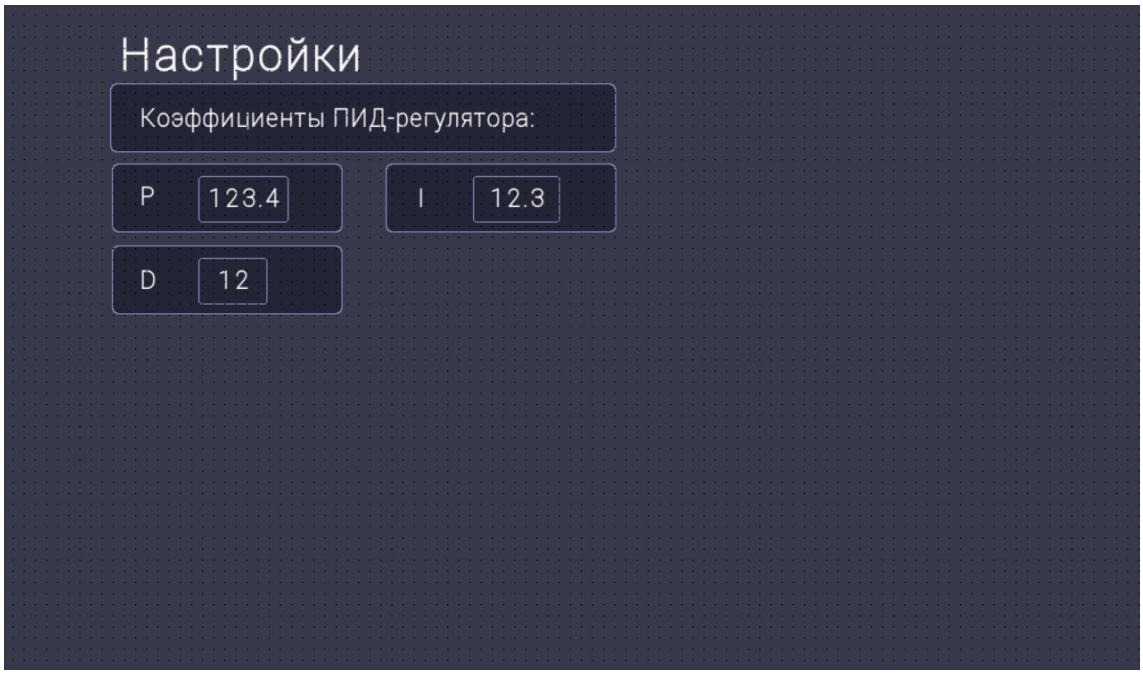


Рисунок 3 – Экран коэффициентов ПИД-регулятора

ПРИМЕЧАНИЕ
При замене датчика давления заново введите его диапазон (min/max). При замене насоса или ПЧ заново настройте ПЧ (п. 2.4.2).

1.11 Маркировка и пломбирование

На двери шкафа – табличка с обозначением, заводским номером, напряжением, IP и датой изготовления; знак «Опасность поражения электрическим током». Аппараты и провода маркированы по ЭЗ. Доступ к экрану настроек защищён паролем.

1.12 Упаковка

Шкаф поставляется установленным на станции или отдельно – в плёнке и картонной/деревянной таре, обеспечивающей сохранность при транспортировании.

2 Использование по назначению

2.1 Эксплуатационные ограничения

– Температура в помещении – не выше +35 °C; при более высокой – дополнительная вентиляция или кондиционирование помещения/шкафа.
– Кабели двигателей – не длиннее допустимых по РЭ ПЧ; при превышении – моторные дроссели (фильтры).
– Шкаф эксплуатируется только с закрытой дверью и работающей вентиляцией.

2.2 Монтаж

– Шкаф, поставляемый отдельно, устанавливается вертикально на стене, стойке или раме станции так, чтобы вентиляционные решётки были свободны (не менее 100 мм до стен и предметов), а перед дверью оставался проход не менее 1 м (перед щитом в насосной – 2 м по п. 13.22 СП 30.13330.2020).
– Кабели вводятся снизу через кабельные вводы; неиспользуемые вводы закрываются заглушками (сохранение IP54).
– Шкаф и рама станции присоединяются к PE; дверь соединена с корпусом гибкой перемычкой.

2.3 Электрическое подключение

Клеммник	Клеммы	Подключение
X1	1–5	питающий кабель: L1, L2, L3, N, PE (до 30 кВт; свыше – на QF1)
X2	1–4 … 13–16	двигатели насосов 1…4: U, V, W, PE (до 30 кВт; свыше – на клеммы ПЧ). Количество – по исполнению
X3	1–2	датчик давления BP1 (2-проводный 4–20 мА): 1 – «+24 В», 2 – «сигнал»
X3	3–4	датчик BP2 (резервный, напорный коллектор) – по комплектации
X3	7–8	датчик сухого хода SP1 на входном коллекторе (ЭКМ или реле давления, дискретный сигнал): НО, замкнут при наличии давления; полярность не важна
X3	11–12	экраны кабелей датчиков
X4	1–2	разрешение работы (НО внешний контакт); при отсутствии – перемычка
X5	1–6	диспетчеризация – сухие контакты (п. 1.9)
X5	7–10	RS-485 диспетчеризации: A, B, GND, экран

– Сечение питающего кабеля – по суммарному току станции и длине линии; кабели двигателей – экранированные (рекомендуется), экран заземляется с обеих сторон.
– Кабели датчиков и RS-485 – экранированная витая пара, отдельно от силовых кабелей (≥ 100 мм), экран – только со стороны шкафа.
– Монтажные провода внутри шкафа – по листу 11 ЭЗ: сечения по ПУЭ (силовые – по току автомата, цепи управления – не менее 1,0…1,5 мм²), цвета: «+24 В» – красный, «0 В» – синий, N – голубой, PE – жёлто-зелёный, силовые – чёрный.

2.4 Пусконаладочные работы

2.4.1 Проверки перед подачей питания

1) Проверить затяжку клемм силовых цепей (ввод, автоматы, ПЧ, X1, X2) и цепей управления.

2) Проверить подключение по Э3: фазировку ввода, двигатели, датчики, SP1, перемычку X4 (если нет внешнего разрешения).
3) Измерить сопротивление изоляции двигателей и кабелей при отсоединённых от ПЧ проводах (мегаомметр 500–1000 В) – не менее 0,5 МОм.
4) Убедиться, что насосы заполнены водой, воздух удалён, арматура на входе открыта (паспорт станции, п. 8.3).

2.4.2 Настройки ПЧ

ПЧ Systeme HERZ настраиваются изготовителем шкафа. Управление – только по RS-485. При ПНР, замене ПЧ или насоса проверьте (введите) параметры по таблице; остальные параметры – заводские.

Код	Наименование	Значение
F0.02	Выбор команды «Пуск»	2 – коммуникационная шина
F0.03	Основной источник задания частоты X	9 – уставка по коммуникационной шине
F1.01	Номинальная мощность двигателя	по шильдику двигателя
F1.02	Номинальное напряжение	по шильдику двигателя
F1.03	Номинальный ток	по шильдику двигателя
F1.04	Номинальная частота	по шильдику двигателя
F1.05	Номинальная скорость	по шильдику двигателя
F3.00	Настройка кривой U/F	2 – квадратичная (насосная нагрузка)
Fd.00	Скорость обмена	9 – 115200 бит/с (максимальная общая: ПР100 – до 115200, ПЧ, панель A2 COM1 – так же)
Fd.02	Адрес Modbus	UZ1 – 16, UZ2 – 17, UZ3 – 18, UZ4 – 19

2.4.3 Первоначальная настройка (первый пуск)

1) Отключить автоматические выключатели перед частотными преобразователями (QF2…QF5).
2) Подать питание на шкаф: включить QF1, QF6, QF7. Проверить: KV1 – «норма», KM1 включён, панель загрузилась. Если KM1 не включается – проверить фазы и чередование на вводе.
3) Перейти на экран настроек, убедиться в правильности заданных параметров (таблица п. 2.4.4); ввести диапазон датчика давления по его паспорту.
4) Перейти на основной экран, перевести переключатели в положение «Останов» и режим «Ручной».
5) Сверить значения давления на экране и на манометре (расхождение – не более 0,1–0,2 бар).
6) Подать питание на частотные преобразователи – включить все автоматические выключатели. Убедиться в отсутствии ошибок связи (пиктограммы насосов – серые).
7) Перевести переключатель в положение «Работа» и убедиться в правильности направления вращения насосов кратковременным (1–2 с) ручным включением насосов соответствующими кнопками на экране. При неверном вращении – при отключённом питании поменять местами две фазы на выходе ПЧ.
8) Проверить каждый насос в ручном режиме: ток (не выше номинального), давление, отсутствие шума и вибрации.
9) Перевести переключатель режимов в положение «Авто». Далее станция работает в режиме автоматического поддержания давления в подающем трубопроводе.

ВНИМАНИЕ!
Включение насосов без воды даже для проверки вращения не допускается.

2.4.4 Рекомендуемые настройки панели

Параметр	Ед.	Рекомендация	Примечание
Давление (задание)	бар	по проекту	не выше 4,5 бар у нижних приборов без регуляторов (СП 30.13330, п. 8.22)
Датчик давления min / max	бар	0 / 10 (16)	по паспорту датчика
Частота подкл. насоса	Гц	48…49	
Время до подкл. насоса	мин	0,1…0,3	больше – меньше «ложных» подключений
Частота откл. насоса	Гц	F0 + 2…3	F0 – частота «нулевой подачи» при P зад (п. 2.4.5)
Время до откл. насоса	мин	0,2…1,0	больше – реже пуски
Частота в ручн. режиме	Гц	40…50	
Сброс ошибки	–	автоматический	
ПИД P / I / D	–	заводские	п. 2.4.6

2.4.5 Настройка регулирования

Частота отключения. Один насос в ручном режиме, напорная арматура станции закрыта: уменьшая частоту ручного режима, найти частоту F0, при которой давление становится ниже P зад. Частота отключения = F0 + 2…3 Гц. Работа на закрытую арматуру – не более 1–2 мин.

ПИД-регулятор – описание коэффициентов и порядок настройки – п. 2.4.6.

Режим «сон» и мембранный бак. Давление закачки бака – 0,9 × (P зад − ΔP пуска) (паспорт станции, п. 8.4). При частых пусках ночью проверить утечки в сети, давление в баке, увеличить время до отключения.

2.4.6 ПИД-регулятор давления: назначение, коэффициенты и настройка

Назначение. ПИД-регулятор ПЛК поддерживает заданное давление в напорном коллекторе. Он непрерывно сравнивает давление датчика BP1 с заданием и вычисляет **рассогласование** e = P зад − P факт. Выход регулятора – частота ведущего насоса (по RS-485 в ПЧ) в диапазоне от частоты отключения до 50 Гц; при каскаде этой же частотой работают все включённые насосы. Подключение и отключение насосов выполняет отдельная логика каскада (частоты и времена подключения/отключения), ПИД отвечает только за плавное изменение частоты.

На экране настроек задаются три коэффициента – **P**, **I** и **D** (экран коэффициентов – РЭ ШУН-ПЧ, п. 1.10.4):

Коэфф.	Что делает	Если увеличить	Если уменьшить
P (Kp)	**Пропорциональная составляющая:** мгновенно изменяет частоту пропорционально отклонению давления: чем больше провал давления, тем сильнее разгон насоса	быстрее реакция на открытие кранов, меньше провал давления; при избытке – перерегулирование, «раскачка» давления и частоты, гидроудары, шум, частые подключения/отключения насосов	система «мягче» и спокойнее; при недостатке – медленный разгон, большой и длительный провал давления у потребителей при резком водоразборе

Коэфф.	Что делает	Если увеличить	Если уменьшить
I (Ti)	**Интегральная составляющая:** устраняет остаточную ошибку: «дотягивает» давление точно до задания, накапливая рассогласование во времени	Ti больше – интегральная составляющая слабее: давление дольше возвращается к заданию, но процесс спокойнее	Ti меньше – давление быстрее выходит точно на задание; при избытке – медленные колебания давления («плавание» с периодом 10–60 с), перерегулирование, ложные пуски/остановы каскада
D (Td)	**Дифференциальная составляющая:** реагирует на скорость изменения давления, «предугадывает» провал	гасит резкие броски на медленных системах; в водопроводе усиливает пульсации и шум датчика – частота «дёргается», ПЧ и насосы работают рывками	при D = 0 регулятор работает как ПИ – рекомендуемый режим для станций повышения давления

ПРИМЕЧАНИЕ

В программе шкафа I задаётся как время интегрирования Ti, с: **увеличение I ослабляет** интегральную составляющую. Если в применённой версии ПО I задан как коэффициент Ki – направление влияния обратное (увеличение Ki усиливает интеграл). Проверка: немного уменьшите I – если I задан как время Ti, давление после скачка расхода станет возвращаться к заданию быстрее.

Для насосных станций повышения давления, как правило, применяется ПИ-регулирование: D = 0.

На что ещё влияет настройка и что влияет на неё. Один и тот же набор коэффициентов на разных объектах ведёт себя по-разному. Регулятор становится «резче» (нужно уменьшить P и/или увеличить Ti):

- при малом объёме или неправильной закачке мембранного бака – бак сглаживает броски давления, без него система «жёсткая»;
- при датчике давления, установленном близко к насосам, без демпфирования – пульсации потока попадают в регулятор;
- при крутой напорной характеристике насоса (малое изменение частоты сильно меняет давление) и коротком трубопроводе малого объёма;
- при работе на малых расходах (один насос около частоты отключения) – здесь станция наиболее склонна к «раскачке».

Регулятор становится «вялым» (можно увеличить P и/или уменьшить Ti): при большом объёме бака и трубопроводов, длинной магистрали, пологой характеристике насоса. **Время разгона и торможения ПЧ** (3–5 с) ограничивает скорость отработки: при большой рампе ПИД не успевает за расходом, а увеличение P не помогает – сначала уменьшите рампу ПЧ (в пределах, допустимых для насоса), затем настраивайте ПИД.

Порядок настройки (выполняется при ПНР, в режиме «Авто», с открытым экраном графиков «Давление» и «Частота ПЧ»):

1) Записать заводские значения P, I, D в протокол настройки. Убедиться, что давление закачки бака настроено (0,9 × (P зад − ΔP пуска)), воздух из системы удалён, датчик показывает давление верно.
2) Установить D = 0. Работает один насос. Создать скачок расхода: быстро открыть кран (или задвижку на линии водоразбора) примерно на 30–50 % подачи одного насоса, затем через 30–60 с закрыть.
3) Оценить переходный процесс по графику: глубину провала (броска) давления, время возврата к заданию, наличие колебаний.

4) **Настройка P.** Если давление восстанавливается медленно и провал большой – увеличивать P шагами по 20–30 %, повторяя скачок расхода. Когда появятся затухающие колебания давления или частоты (2–3 и более полуволн) – уменьшить P примерно на 40 % от этого значения.
5) **Настройка I.** Если после скачка давление долго держится ниже (выше) задания – уменьшать Ti шагами по 20–30 %. Если появились медленные колебания («плавание») – увеличить Ti на 30–50 %.
6) D оставить 0. Вводить D (минимальное значение) допускается только при длинных магистралях с медленной реакцией и только если частота не начинает «дёргаться».
7) Проверить работу на всём диапазоне: малый расход (один насос около частоты отключения), средний и максимальный, момент подключения и отключения второго насоса. Давление не должно проваливаться более чем на 0,5 бар при подключении насоса, не должно быть циклических подключений/отключений.
8) Проверить режим «сон» при отсутствии водоразбора: насос останавливается без колебаний давления, пуски – не чаще 1 раза в 5–10 мин.
9) Записать итоговые P, I, D в протокол настройки и паспорт станции.

Критерии правильной настройки:

Показатель	Норма
Отклонение давления в установившемся режиме	не более ±0,1…0,2 бар от P зад
Провал (бросок) давления при резком изменении расхода	не более 0,3…0,5 бар
Время возврата давления к заданию	5…15 с, без колебаний (допускается одно перерегулирование ≤ 0,2 бар)
Частота ПЧ в установившемся режиме	стабильна, колебания не более ±1 Гц
Подключение/отключение насосов	без циклических повторов и провалов давления > 0,5 бар

Типовые проблемы и действия:

Признак на графике	Вероятная причина	Действие
Быстрые колебания давления и частоты (период 2–10 с)	велик P или D; пульсации датчика	уменьшить P на 30–50 %; D = 0; проверить крепление и демпфер датчика
Медленное «плавание» давления (период 10–60 с)	мал Ti (сильная I-составляющая)	увеличить Ti на 30–50 %
Давление долго не выходит на задание	мал P и/или велик Ti; велика рампа ПЧ	увеличить P, уменьшить Ti; проверить время разгона ПЧ
Глубокий провал давления при открытии кранов	мал P; мал или не настроен бак; велика рампа ПЧ	увеличить P; настроить бак; уменьшить время разгона
Частые подключения/отключения второго насоса	колебания от ПИД; малые времена каскада	сначала устранить колебания ПИД, затем увеличить «время до подключения/отключения»
Колебания только на малом расходе	работа около частоты отключения, бак	уменьшить P, проверить бак, увеличить частоту отключения на 1–2 Гц
Колебания не устраняются настройкой	воздух в системе, неисправен обратный клапан, датчик, бак	удалить воздух, проверить клапаны, датчик (по образцовому манометру), бак

2.4.7 Проверка защит и сигналов

Проверка	Действие	Результат
Сухой ход	разомкнуть SP1 (закрыть вход)	останов насосов, авария, К3 → X5:5–6; после восстановления – автопуск (по настройке)
Авария ПЧ	отключить автомат ПЧ работающего насоса	авария насоса, пуск резервного, K1 отключается (X5:1–2 разомкнут)
Датчик давления	отсоединить провод BP1	ошибка датчика; работа по BP2 или останов
Сеть	снять одну фазу в ВРУ	KM1 отключается, потеря связи с ПЧ – аварии насосов; после восстановления – автопуск
Разрешение работы	снять перемычку X4	останов без аварии
Диспетчеризация	проверить X5 и обмен Modbus	сигналы и данные приняты диспетчерской

Результаты ПНР и настройки заносятся в паспорт станции (раздел 18, Приложение В) и в протокол (Приложение 3 настоящего РЭ).

2.5 Действия персонала при эксплуатации

– Ежедневно: проверить отсутствие активных аварий (индикатор на основном экране), давление, отсутствие посторонних шумов и запахов из шкафа.
– При аварии: открыть окно активных ошибок, устранить причину по п. 2.6; при ручном сбросе – перевести в «Останов», затем «Работа».
– Перед работами на насосе: «Останов» на панели, отключить автомат ПЧ насоса, выждать время разряда ПЧ.

2.6 Возможные неисправности и методы их устранения

Признак	Причина	Устранение
Панель не включается	нет питания, отключены QF1/QF6, неисправен UG1, сгорел FU1 (только датчики)	проверить питание, автоматы, БП
KM1 не включается / авария сети	нарушение фаз, чередования, напряжение вне допуска; уставки KV1	проверить сеть; поменять две фазы ввода; проверить уставки KV1
Нет связи с ПЧ	отключён автомат ПЧ; обрыв/перепутаны A и B; нет терминатора; неверный адрес (Fd.02) / скорость (Fd.00) ПЧ	проверить линию, адреса, скорость, терминатор 120 Ом на последнем ПЧ
Авария ПЧ (код на панели)	перегрузка, КЗ на выходе, перегрев, обрыв фазы двигателя	расшифровать код по РЭ ПЧ; проверить двигатель, кабель, фильтры вентиляции
Ошибка датчика давления	обрыв/КЗ, неисправен датчик, сгорел FU1	измерить ток в линии (4–20 мА), заменить датчик/предохранитель
Давление на панели неверное	неверный диапазон min/max	ввести диапазон по паспорту датчика
«Раскачка» давления	ПИД, мало давление в баке	п. 2.4.6
Частые пуски	утечки, бак, малое время до отключения	п. 2.4.5

Признак	Причина	Устранение
Перегрев шкафа	засорены фильтры, неисправен вентилятор/термостат, жарко в помещении	очистить/заменить фильтры, проверить M5, SK1, вентиляцию помещения
Нет сигналов в диспетчерскую	обрыв линии, не настроен адрес/скорость панели	проверить X5, настройки COM2 панели

3 Техническое обслуживание

3.1 Общие указания

ТО выполняется при отключённом питании (кроме проверок, требующих работы шкафа) персоналом, допущенным к работам в электроустановках. Результаты записываются в паспорт станции (раздел 19).

3.2 Виды и периодичность ТО

Периодичность	Работы
Ежемесячно	осмотр шкафа; журнал событий и наработки насосов; работа вентиляторов; чистота фильтров
1 раз в 3 месяца	проверка защиты от сухого хода и переключения на резервный насос
1 раз в 6 месяцев	очистка шкафа от пыли (сухим воздухом); замена фильтрующих матов (чаще при запылённости); подтяжка клемм силовых цепей (после выдержки времени разряда ПЧ)
Ежегодно	проверка изоляции двигателей; проверка датчиков давления по образцовому манометру; проверка сигналов диспетчеризации; резервное копирование настроек ПЧ и панели
По ресурсу	замена вентиляторов шкафа и ПЧ (обычно 30–40 тыс. ч), конденсаторов ПЧ – по РЭ ПЧ

3.3 Вентиляция шкафа по мощности

Количество и типоразмер вентиляторов с фильтром и выпускных решёток выбираются по суммарной мощности ПЧ шкафа. Расчёт: тепловыделение Q = 40 Вт × Σ P ПЧ (кВт) + 60 Вт; расход V = 3,1 × Q / ΔT при ΔT = 10 K (окружающий воздух ≤ +30 °C, внутри шкафа ≤ +40 °C). Расход вентилятора принимается по каталогу изготовителя **с выпускным фильтром**.

Σ P ПЧ, кВт	Тепловыделение, Вт	Расход, м³/ч	Вентиляторы с фильтром (вдув, внизу)	Выпускные решётки с фильтром (вверху)
до 3	180	60	1 × вырез ≈ 177 мм, ≥ 70 м³/ч	1 × того же типоразмера
до 7,5	360	115	1 × вырез ≈ 224 мм, ≥ 120 м³/ч	1 × того же типоразмера
до 15	660	205	1 × вырез ≈ 224 мм, ≥ 210 м³/ч (или 2 × 177 мм)	1 (2) × того же типоразмера
до 22	940	290	1 × вырез ≈ 292 мм, ≥ 300 м³/ч	1 × того же типоразмера
до 30	1260	390	1 × вырез ≈ 292 мм, ≥ 400 м³/ч	1 × того же типоразмера
до 45	1860	580	2 × вырез ≈ 292 мм, ≥ 290 м³/ч каждый	2 × того же типоразмера
до 55	2260	700	2 × вырез ≈ 292 мм, ≥ 350 м³/ч каждый	2 × того же типоразмера
до 75	3060	950	3 × вырез ≈ 292 мм, ≥ 320 м³/ч каждый (или кондиционер)	3 × того же типоразмера
свыше 75	> 3060	> 950	кондиционер / ПЧ с выносным радиатором – по расчёту	—

ПРИМЕЧАНИЕ

Типоразмер (вырез) ориентировочный – у разных изготовителей отличается; выбирать по расходу с фильтром. Свободный расход без фильтра обычно в 1,5–2 раза больше.

При температуре в помещении выше +30 °C, запылённости или исполнении IP55 – расчёт по фактическим условиям. Σ P ПЧ – сумма мощностей всех ПЧ шкафа, включая резервный.

4 Текущий ремонт

Замена	Что сделать после замены
Преобразователь частоты	ввести все параметры по п. 2.4.2 (F0.02, F0.03, F1.01–F1.05, F3.00, Fd.00, Fd.02), выполнить автонастройку, проверить вращение
Насос / двигатель	ввести данные нового двигателя в ПЧ, автонастройка, проверка вращения и тока
Датчик давления	ввести диапазон min/max на экране настроек, сверить с манометром
ПЛК / панель	загрузить программу и настройки изготовителя (обратиться к изготовителю), проверить связь и сигналы
Вентилятор, фильтр, термостат	проверить направление потока (вдув внизу, выпуск вверху) и уставку SK1 (+35 °C)

Ремонт ПЧ, ПЛК и панели – только в сервисных центрах их изготовителей или ООО «НПК Грааль».

5 Хранение

В упаковке в закрытом помещении при температуре от −15 до +50 °C, влажности до 80 %, без агрессивных примесей. ПЧ, хранившиеся без питания более 1 года, перед вводом требуют формовки конденсаторов по РЭ ПЧ.

6 Транспортирование

Любым крытым транспортом в упаковке при температуре от −15 до +50 °C с защитой от ударов и осадков. После транспортирования при отрицательной температуре – выдержка в помещении не менее 12 ч перед подачей питания.

7 Утилизация

По законодательству РФ: металлические части – в металлолом, электронные компоненты (ПЧ, ПЛК, панель, БП) – через специализированные организации.

8 Гарантии изготовителя

- Изготовитель гарантирует соответствие шкафа требованиям ЭЗ и настоящего РЭ при соблюдении условий транспортирования, хранения, монтажа и эксплуатации.
- **Гарантийный срок – 24 месяца со дня продажи** (передачи покупателю), если иное не установлено договором. Гарантийный срок комплектующих – не менее срока, установленного их изготовителями.
- Гарантия не распространяется на повреждения от перенапряжений и нарушений параметров сети, перегрева из-за засорённых фильтров и нарушения температурного режима, механические повреждения, попадание воды, изменения программы и схемы лицами, не уполномоченными изготовителем, а также на расходные материалы (фильтрующие маты, предохранители).
- Условия гарантийного обслуживания – в гарантийном талоне станции.

9 Сведения о рекламациях

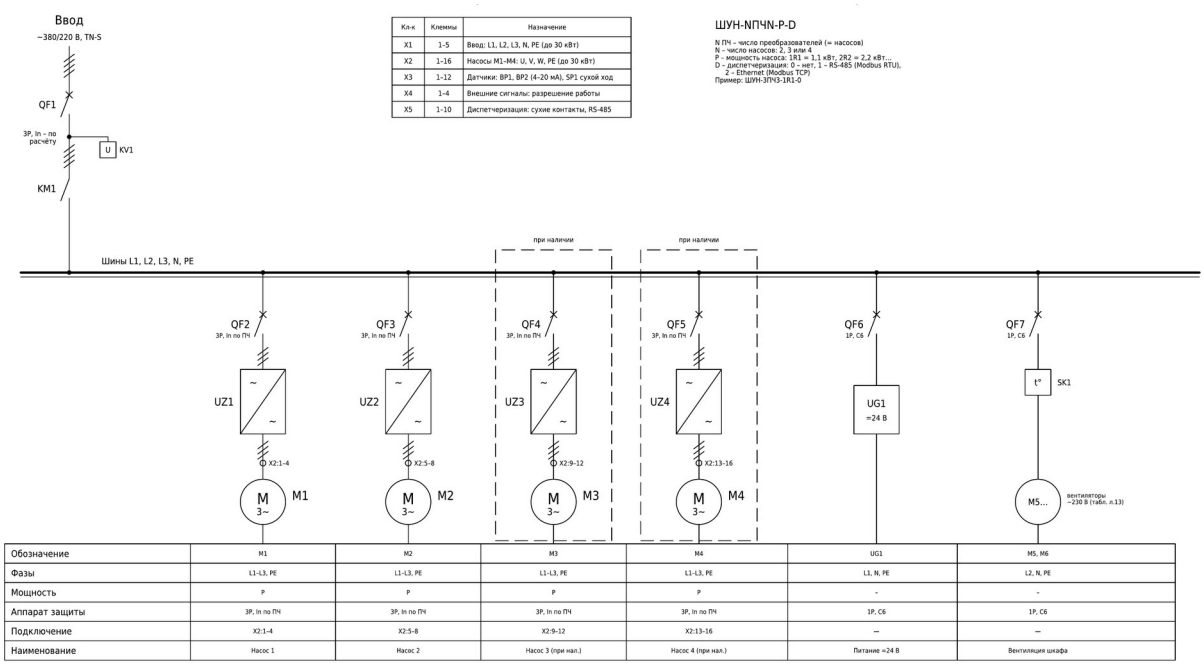
Рекламационный акт направляется изготовителю с указанием: обозначения и заводского номера шкафа и станции, даты ввода в эксплуатацию, описания неисправности, кодов аварий ПЧ и выписки журнала событий панели, фото. Контакты: ООО «НПК Грааль», г. Иваново, www.npkgraal.com, +7 (4932) 20-00-38.

Приложение 1. Карта регистров Modbus

Предоставляется в комплекте с документацией на станцию при комплектации станции диспетчеризацией (D = 1 – RS-485 Modbus RTU, D = 2 – Ethernet Modbus TCP). Параметры порта диспетчеризации панели (адрес, скорость, формат) задаются при ПНР и заносятся в протокол (Приложение 3).

Приложение 2. Схема электрическая

Полная схема – ШУН-NПЧN-P.Э3 (14 листов): однолинейная схема, ввод и контроль фаз, силовые цепи и ПЧ, питание =24 В и вентиляция, входы и выходы ПЛК ПР100, сеть RS-485, алгоритм, клеммники, монтажные провода (сечения и цвета), общий вид двери, компоновка панели и вентиляция по мощности, перечень элементов. Спецификация оборудования – по дополнительному запросу.



Кл-к	Клеммы	Назначение
X1	1–5	Ввод: L1, L2, L3, N, PE (до 30 кВт)
X2	1–16	Насосы M1–M4: U, V, W, PE (до 30 кВт)
X3	1–12	Датчики: BP1, BP2 (4–20 мА), SP1 сухой ход
X4	1–4	Внешние сигналы: разрешение работы
X5	1–10	Диспетчеризация: сухие контакты, RS-485

ШУН-NПЧN-P-D

N ПЧ – число преобразователей (= насосов)
N – число насосов: 2, 3 или 4
P – мощность насоса: 1R1 = 1,1 кВт, 2R2 = 2,2 кВт…
D – диспетчеризация: 0 – нет, 1 – RS-485 (Modbus RTU), 2 – Ethernet (Modbus TCP)
Пример: ШУН-3ПЧ3-1R1-0

Обозначение	M1	M2	M3	M4	UG1	M5, M6
Фазы	L1-L3, PE	L1-L3, PE	L1-L3, PE	L1-L3, PE	L1, N, PE	L2, N, PE
Мощность	P	P	P	P	-	-
Аппарат защиты	3P, In по ПЧ	3P, In по ПЧ	3P, In по ПЧ	3P, In по ПЧ	1P, C6	1P, C6
Подключение	X2:1-4	X2:5-8	X2:9-12	X2:13-16	–	–
Наименование	Насос 1	Насос 2	Насос 3 (при нал.)	Насос 4 (при нал.)	Питание =24 В	Вентиляция шкафа

Рисунок 4 – Схема электрическая однолинейная ШУН-ПЧ (универсальная, 2–4 насоса)

Приложение 3. Протокол настройки шкафа

Параметр	Значение при ПНР	Изменения (дата, значение)
Шкаф: обозначение, заводской №		
Давление (задание), бар		
Датчик давления min / max, бар		
Частота подкл. / откл. насоса, Гц		
Время до подкл. / откл., мин		
Частота в ручном режиме, Гц		
Сброс ошибки		
ПИД P / I / D		
ПЧ UZ1…UZ4: P ном / I ном двигателя		
ПЧ: разгон / торможение, с		
ПЧ: адреса, скорость обмена		
Панель COM2: адрес, скорость (диспетчеризация)		
Уставки KV1		
Уставка термостата SK1, °C		

Настройку выполнил: _____ / _____ «___» _____ 20___ г.