

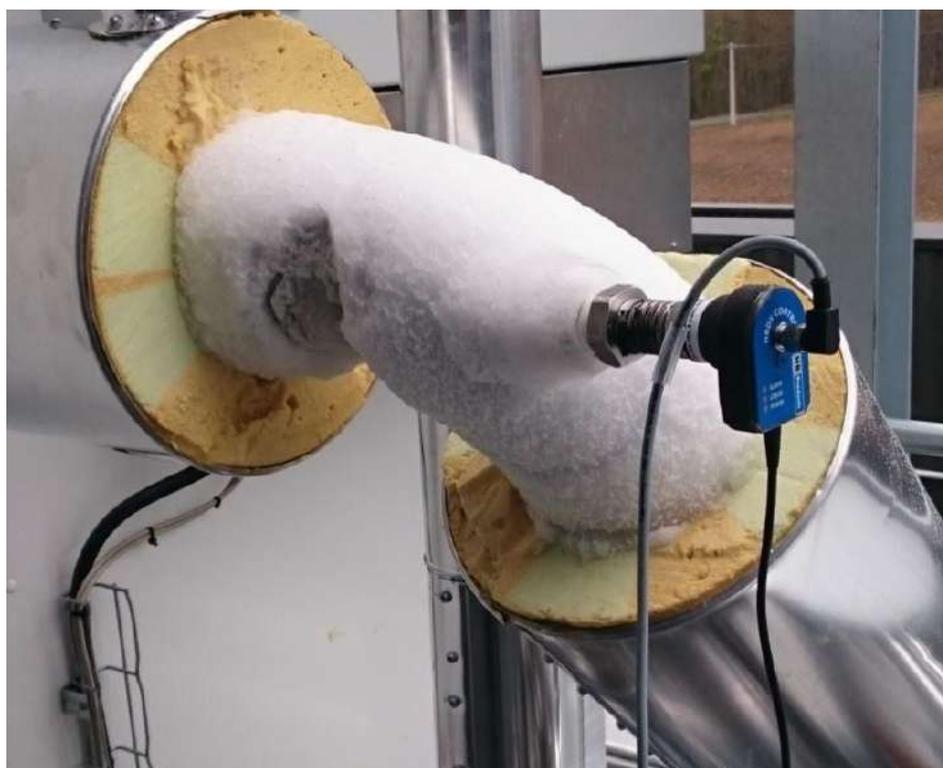
Новые технологии измерения позволяют контролировать фазу хладагента, что делает использование аммиака более безопасным и позволяет оптимизировать все типы систем охлаждения  
Работает с хладагентом NH<sub>3</sub>, CO<sub>2</sub>, пропаном и HFC/HFO

### Информация, результаты эксплуатации и поверки датчика сухости пара/газа NB-Products

Новое поколение датчиков сухости пара NBX с интегрированной системой измерения и удаленного управления испарителем, подходит для оптимизации работы испарителей любого типа



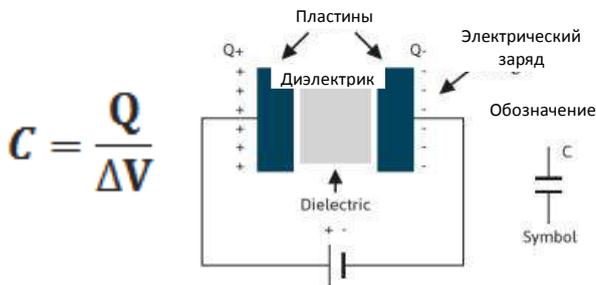
### Оптимизация основных процессов в системе охлаждения



При максимальной нагрузке охлаждения EER увеличился на 18,6% (EER = коэффициент энергоэффективности).

## Принцип измерения

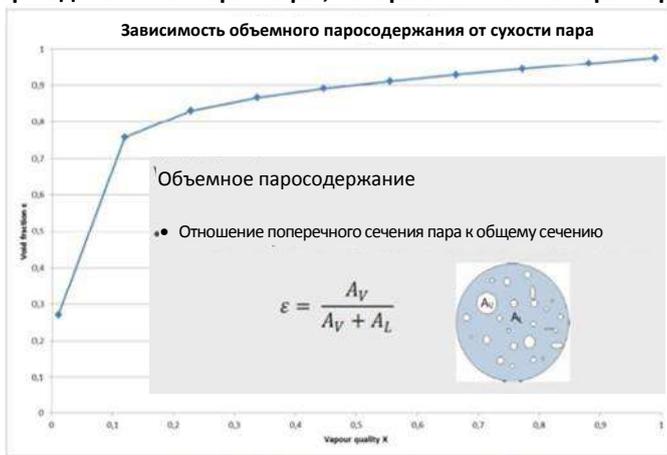
Действие датчика основано на емкостном принципе измерения. Два или более измерительных электрода/проводника, которые измеряют заряд и изменение электрического поля/сопротивления в зависимости от разности диэлектрических свойств различных сред. Таким образом, соотношение между количеством пара и жидкости измеряется мгновенно, т. е. без задержки, в виде измерения объемного паросодержания.



**Что такое электрический конденсатор?** Конденсатор – это компонент, предназначенный для создания и удержания электрического поля, это означает, что конденсаторы могут хранить энергию. Для разделения электрических зарядов и создания электрического поля между разделенными проводниками требуется энергия.

Здесь Q – заряд, хранящийся при заданной разности потенциалов:

**Термодинамика: параметры, которые влияют на характер течения и оказывают сильное влияние на теплопередачу:**



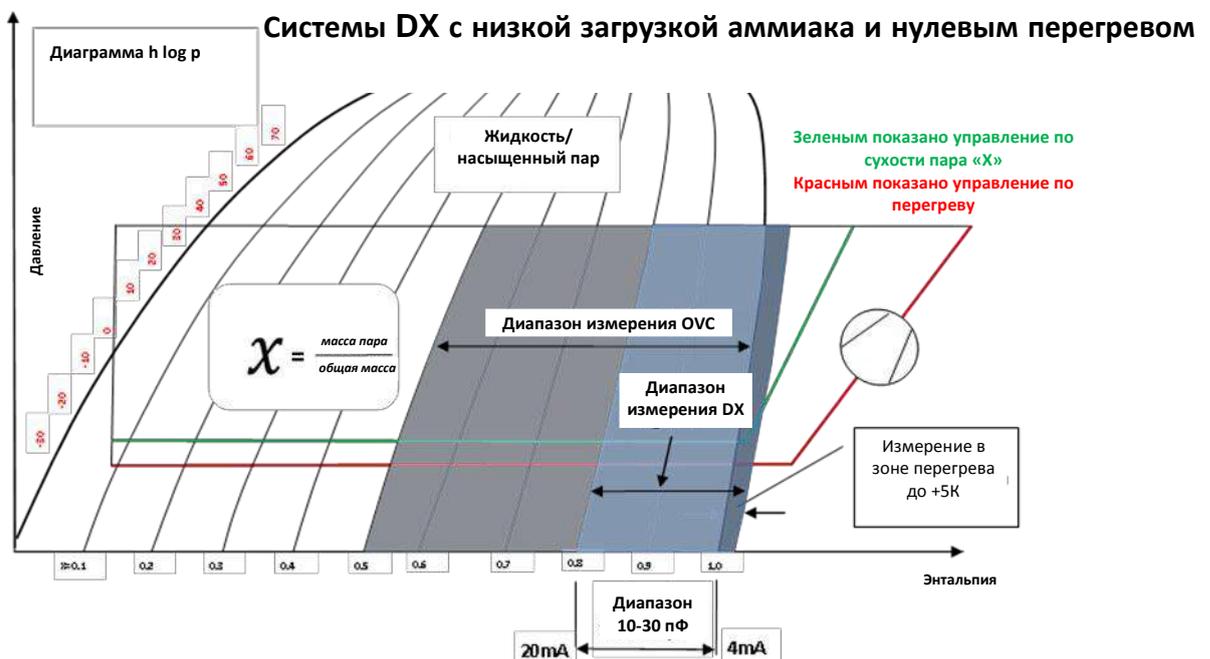
Объемное паросодержание определяется как отношение объема, занимаемого жидкостью в трубке, к общему объему трубки. Таким образом, его можно определить как среднее значение паросодержания в поперечном сечении трубки.

Для сухости пара выше 0,5 существует приближенная линейная связь с паросодержанием, показанная на рисунке.

Зависимость паросодержания от сухости пара

$$X = \frac{\text{масса пара}}{\text{общая масса}}$$

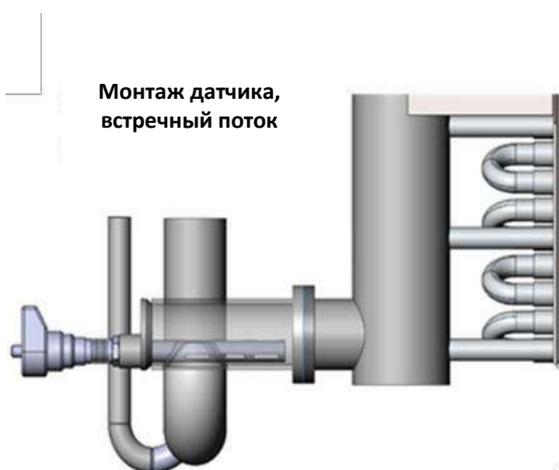
В термодинамике, сухость пара представляет собой массовое соотношение между паром и жидкостью в насыщенной влажной смеси, т. е. сухой пар имеет сухость 1,0, а чистая жидкость имеет сухость 0. Сухость пара «X» можно рассчитать, разделив массу пара на массу всей смеси.



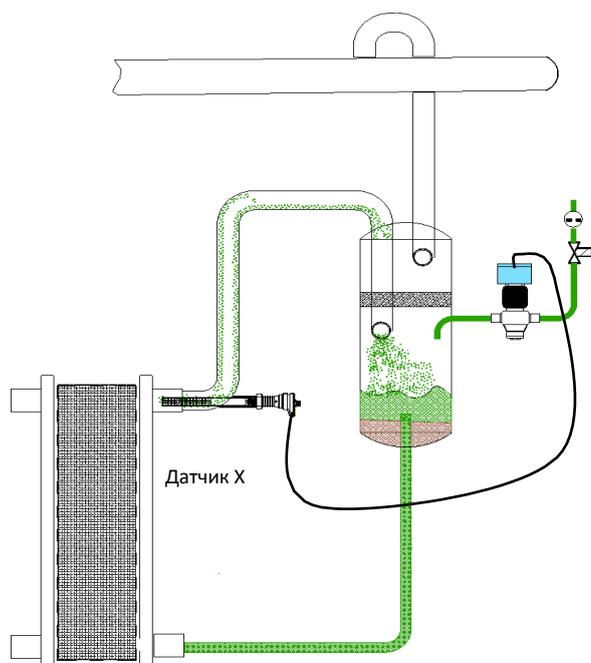
## Факты

**Опыт испытаний и монтажа** на первичных аммиачных системах доказал, что датчик сухости пара, установленный на выходе испарителя, оптимизирует всю систему и позволяет контролировать и ограничивать количество хладагента в системе при любых условиях (включая работу с частичной нагрузкой). Датчик измеряет сухость пара как соотношение пара и жидкости в двухфазном потоке в виде измерения объемного паросодержания.

**Подача / контроль жидкости на пластинчатом теплообменнике** часто сопряжены с проблемами управления мощностью пластинчатого теплообменника, поскольку расчеты и проектирование основаны на режиме 100% нагрузки. Измерение сухости пара с использованием датчика «X» позволяет оптимизировать подачу хладагента в соответствии с нагрузкой. Опыт нескольких внедрений показывает, что контроль сухости пара является эффективным как для затопленных систем непосредственного охлаждения, так и для систем DX, что оказывает значительное влияние на общую производительность теплообменника.



Датчик, установленный на выходе воздухоохладителя DX в Австралии



**Заявление** ведущей мировой компании **Scantec** по производству оборудования с **низкой загрузкой аммиака** в Австралии:

Использование системы впрыска хладагента с электронным управлением на основе измерения сухости пара на выходе из испарителя оптимизирует характеристики испарителя:

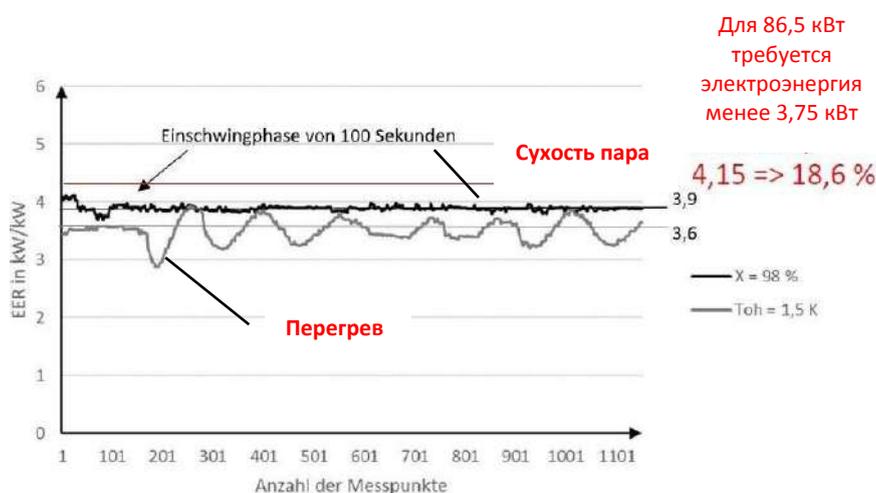
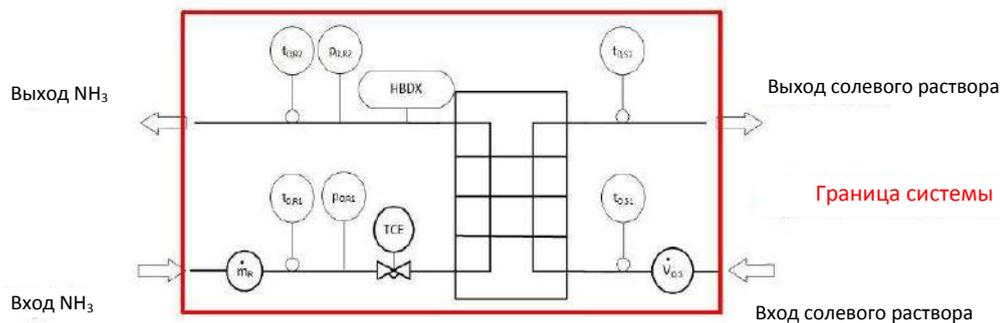
- ⇒ Положительный перегрев для  $0,95 < x < 0,99$
- ⇒ Контроль X (на основе сухости) более стабильный, чем контроль по перегреву
- ⇒ Поддержание температуры холодильной установки на уровне  $-22\text{ }^{\circ}\text{C}$  для температуры насыщения всасываемых паров  $-27,9\text{ }^{\circ}\text{C}$

**Заявление** ведущей мировой компании Alfa Laval по производству теплообменников:

**«Для достижения оптимальной теплопередачи используйте датчик сухости пара на выходе».**

⇒ Оптимальная кратность циркуляции (затопленная система непосредственного охлаждения) при «X» от 0,7 до 0,85... CR 1,2–1,4

**Поверка датчика сухости газа HB-Products, а также анализ эффективности системы охлаждения на основе R717 с прямым испарением с установленным датчиком сухости газа в сравнении с контролем по перегреву.**



Коэффициент энергоэффективности, температура испарения 14°K, регулируемые переменные  $X = 98\%$  и  $ToH = 1,5 K$ , нагрузка 100%. При максимальной нагрузке охлаждения EER увеличился на 18,6% (EER = коэффициент энергоэффективности).

Было подтверждено, что аммиачная холодильная установка с прямым испарением может работать в стабильном состоянии с помощью датчика сухости газа. Также было показано, что повышение показателя энергоэффективности до 18,6% возможно благодаря контролю сухости газа с величиной  $X = 98\%$  по сравнению с контролем перегрева при 1,5 K. Также было обнаружено, что контроль сухости газа зависит от режима потока в пластинчатом испарителе. Следовательно, это исключает уменьшение диапазонов производительности для контроля сухости газа. В отношении типов потока и управления в диапазоне частичной нагрузки необходимы дальнейшие исследования для работы датчика сухости газа.

**Комментарий:** в результате испытаний был сделан вывод о том, что преимущество контроля с помощью датчика сухости пара HBX-DX присутствует только при максимальной нагрузке. При частичной нагрузке и очень низкой нагрузке датчик не смог обеспечить оптимальную работу системы. Мы предполагали, что можно оптимизировать управление, изменив заданное значение для сухости «X», постепенно увеличивая настройки «X» с 0,98 до 1,0 (истощение испарителя). При 0,99 регулирование проходило нормально в случае, когда система находилась в равновесии, а нагрузка испарителя изменялась со 100 до 50%. Сухость пара была однородной с сильной зависимостью между сигналом датчика и работой/положением клапана.

**Заключение:** применение датчика сухости пара для управления пластинчатыми теплообменниками предоставляет существенное преимущество. Оно обеспечивает возможность очень точно контролировать производительность как системы DX, так и затопленные системы непосредственного охлаждения с однородной сухостью пара и, как следствие, добиться очень небольших колебаний давления в системе.

**Кроме того, доказано, что можно оптимизировать работу испарителя при работе с частичной нагрузкой путем минимизации количества хладагента в системе (истощение испарителя).**

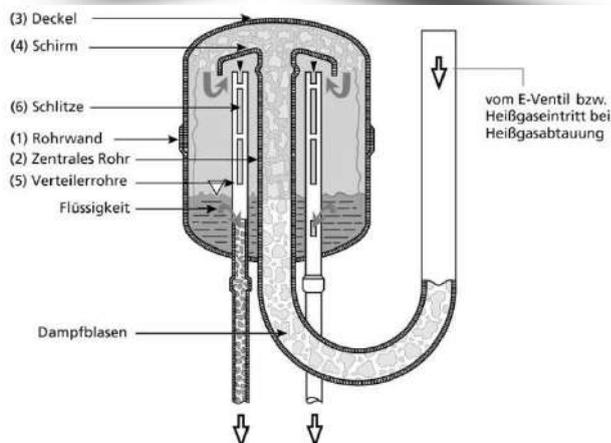
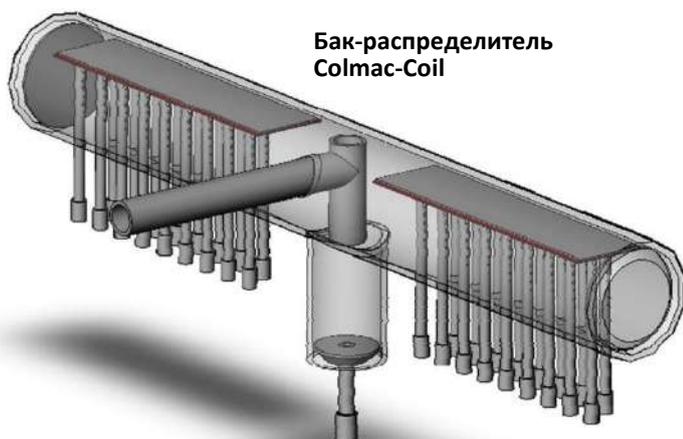
## Системы DX с низкой загрузкой аммиака и нулевым перегревом

Стремление использовать самый энергоэффективный в мире хладагент, аммиак, в холодильных системах сухого расширения привело к многим проблемам и по праву заслужило репутацию плохого решения, которое не всегда работает хорошо. Было сделано множество попыток без каких-либо значительных прорывов. Пришлось пойти на компромисс с обычной конструкцией DX, установить жидкостные сепараторы перед компрессорами и создать очень высокий перегрев, чтобы избежать обратного потока жидкости и потенциального повреждения компрессора. Высокий перегрев и неэффективные/нединамические испарители с неравномерным распределением жидкости в сочетании с высокой скрытой теплотой испарения аммиака создали множество проблем. Все это привело к очень низкой энергоэффективности. Кроме того, вода, присутствующая в аммиаке, изменяет температуру кипения и, следовательно, рассчитанные значения перегрева; 1% воды в аммиаке повышает температуру кипения примерно на 5 К ближе к концу процесса испарения (Нельсон, 2010), это явление будет действовать как ложный сигнал перегрева и вызывать соответствующую реакцию.

**Наша рекомендация для оптимальной и безопасной работы в сочетании с контролем сухости пара для низкотемпературных испарителей NH<sub>3</sub> DX заключается в использовании гравитационных распределительных устройств для жидкости, выполненных в виде небольших резервуаров/баков без перепада давления, таких как резервуар-распределитель Küba CAL и Colmac.**

Опыт, накопленный в четырех аммиачных системах DX, работающих в Австралии, показывает, что системы NBX-DX с измерением/контролем сухости пара являются более энергоэффективными и не приводят к колебаниям давления той же величины, что и системы DX, основанные на контролируемом впрыске хладагента с перегревом.

### Пример баков-распределителей жидкости:



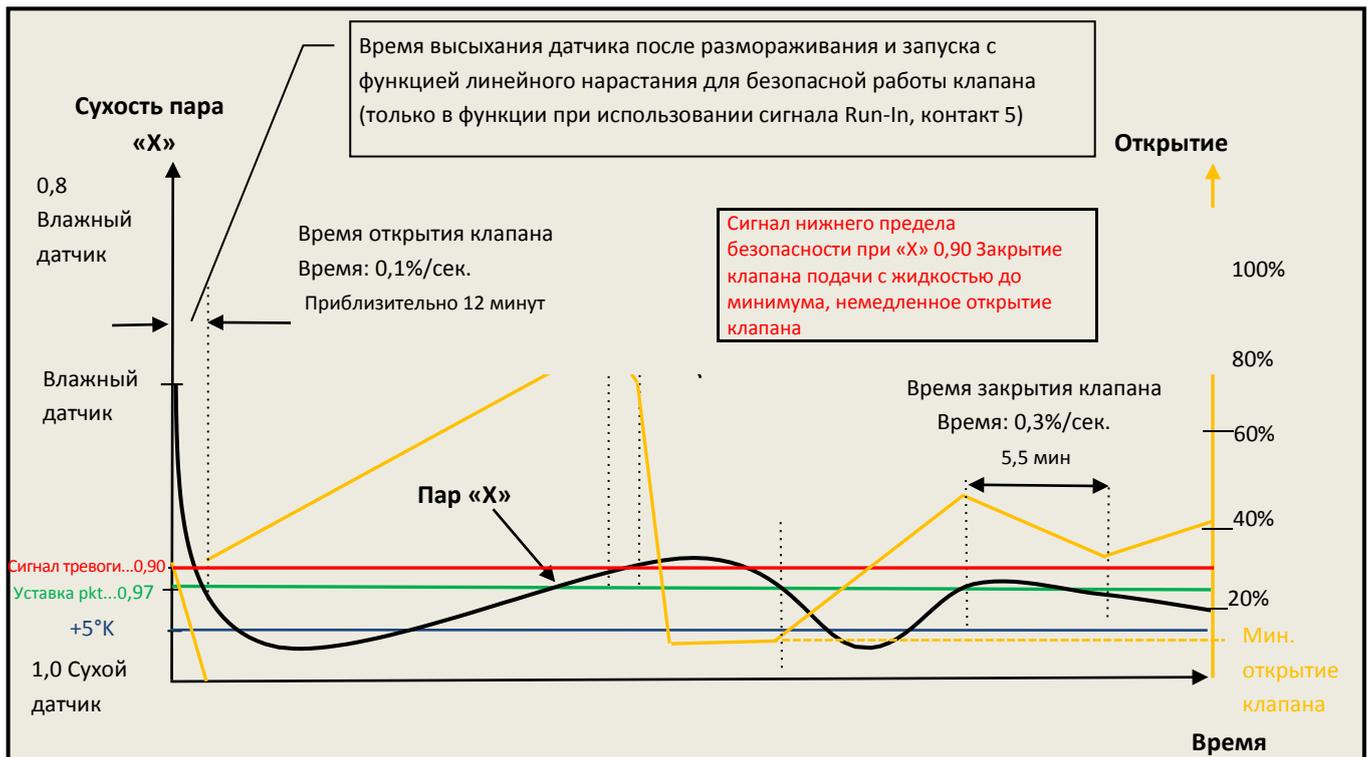
### The Küba CAL® distributor for superior refrigerant distribution

GEA Küba Air Coolers for direct expansion with multiple injection are equipped with the patented Küba CAL® distributor.

- A consistent performance across the entire application spectrum, the Küba CAL® distributor always works at the highest capacity
- Complete, consistent refrigerating capacity regardless of refrigerant and ambient temperature
- Maximum energy efficiency even in partial-load operation, thanks to even refrigerant distribution
- Universal flexibility from -55 °C to +40 °C

## Графическая схема алгоритма управления

Типичный алгоритм П-регулирования с учетом времени открытия и закрытия клапана



Алгоритм регулирования по времени высыхания датчика во время запуска и после размораживания. Время высыхания регулируется с помощью функции линейного изменения для безопасного открытия жидкостного клапана (контроль времени открытия клапана)

Датчик имеет встроенные расширенные возможности управления, позволяющие управлять всеми типами испарителей, варьировать время открытия и закрытия расширительного клапана в диапазоне от 0,1 до 10%/сек, выполнять запуск с функцией линейного нарастания и сушкой датчика, гарантирующими безопасность запуска, а также аварийный сигнал низкого уровня, закрывающий клапан жидкости до минимального открытия.

Внешняя функция запуска и остановки от главной системы управления требуется, когда датчик используется для управления.

### ПРИМЕЧАНИЕ:

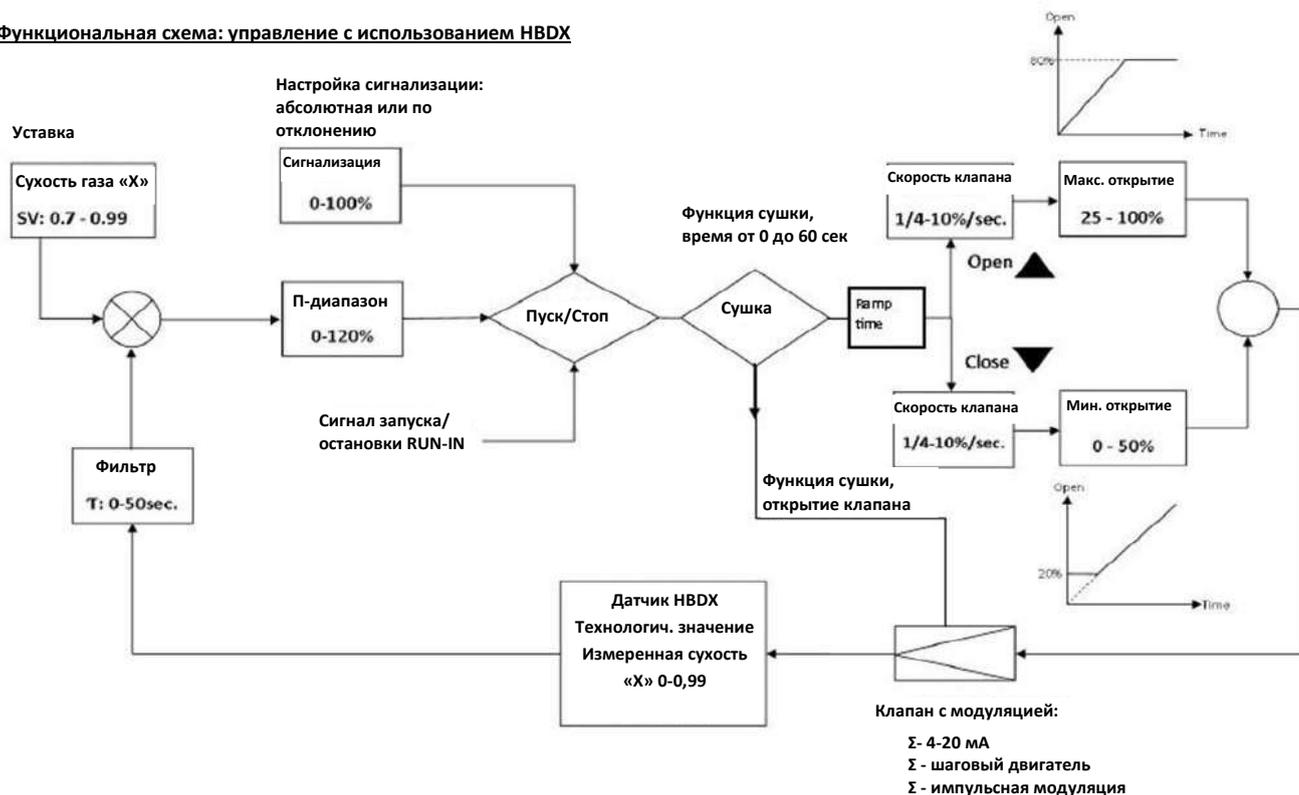
Во время пуска или после размораживания на измерительной части датчика остаются капли жидкости из конденсированного пара. Эти капли воздействуют на датчик и дадут высокий выходной сигнал. Сигнал тревоги также может быть активирован, если задержка включения сигнала тревоги слишком коротка. Это явление следует контролировать во время запуска. Мы рекомендуем просушить датчик во время запуска, открыв клапан жидкости через xx сек. и добавляя хладагент к испарителю. Это гарантирует, что испарившийся газ высушит датчик перед началом управления от сухого датчика (нулевой сигнал 4 мА +0,5).

Повышение давления также приведет к конденсации некоторых паров хладагента, которые затем станут более влажными и, таким образом, будут кратковременно воздействовать на датчик до тех пор, пока система не будет сбалансирована.

Минимальное открытие расширительного клапана гарантирует постоянную небольшую нагрузку на испаритель. Открытие должно контролироваться, чтобы гарантировать полное испарение хладагента с использованием вентиляторов, работающих с минимальной скоростью и с максимальным накоплением льда на поверхности испарителя.

# Датчики NBX-XX с интегрированной функцией управления

## Функциональная схема: управление с использованием HBDX



- В режиме управления можно оптимизировать все необходимые параметры управления, как показано на схеме. Особенно важно запускать и останавливать функцию управления с помощью цифрового входа на контакте 5 (сигнал Run-In) для закрытия расширительного клапана при остановке и размораживании.
- Используйте сигнал Run-IN для команды пуска/остановки (Start/Stop) (Shut-off) и размораживания.
- Функции сушки датчика и запуска с линейным нарастанием активны только при использовании сигнала Run-In.
- **Время высыхания датчика после размораживания и запуска с функцией линейного нарастания для безопасной работы клапана (только при включенной функции Run-In)**
- Сигнал тревоги безопасности нижнего предела, закрывающий жидкостный клапан немедленно до минимального уровня открытия клапана.

## Управление производительностью испарителя:

Расширительный клапан открывается в зависимости от отклонения от заданного значения, степень открытия зависит от усиления (P-диапазон) и времени открытия/закрытия расширительного клапана.

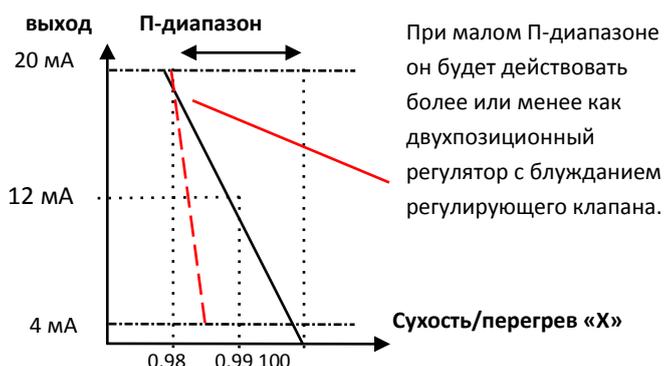
Например, заданное значение «X» на уровне 0,98, P-диапазон регулирования на уровне 50%

Выход при «X» 0,99 =  $(100 - \text{P-диапазон}) \times (100 - 99) = 50\%$  (12 мА)

$\swarrow$  P-диапазон в %       $\swarrow$  Значение «X» как целое число

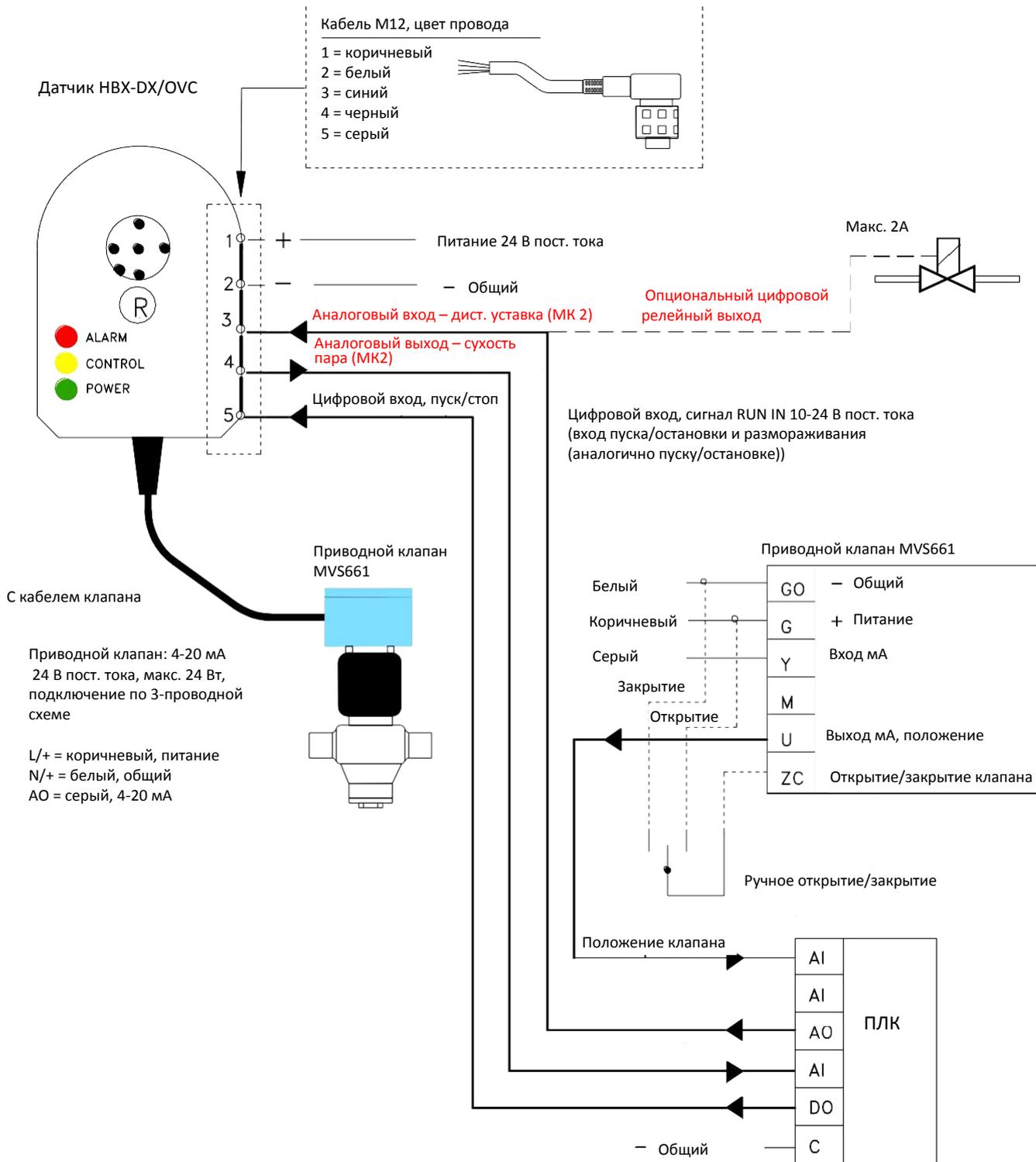
**Мы рекомендуем не устанавливать уставку ниже «X» 0,97**

### Управляющий



Зависимость сухости от диапазона перегрева  
 0,97 = +1°K +/-1, 0,98 = +2°K +/- 1, 0,99 = +3°K +/-1

## Схема подключения для НВХ/С (приводной клапан 4–20 мА).

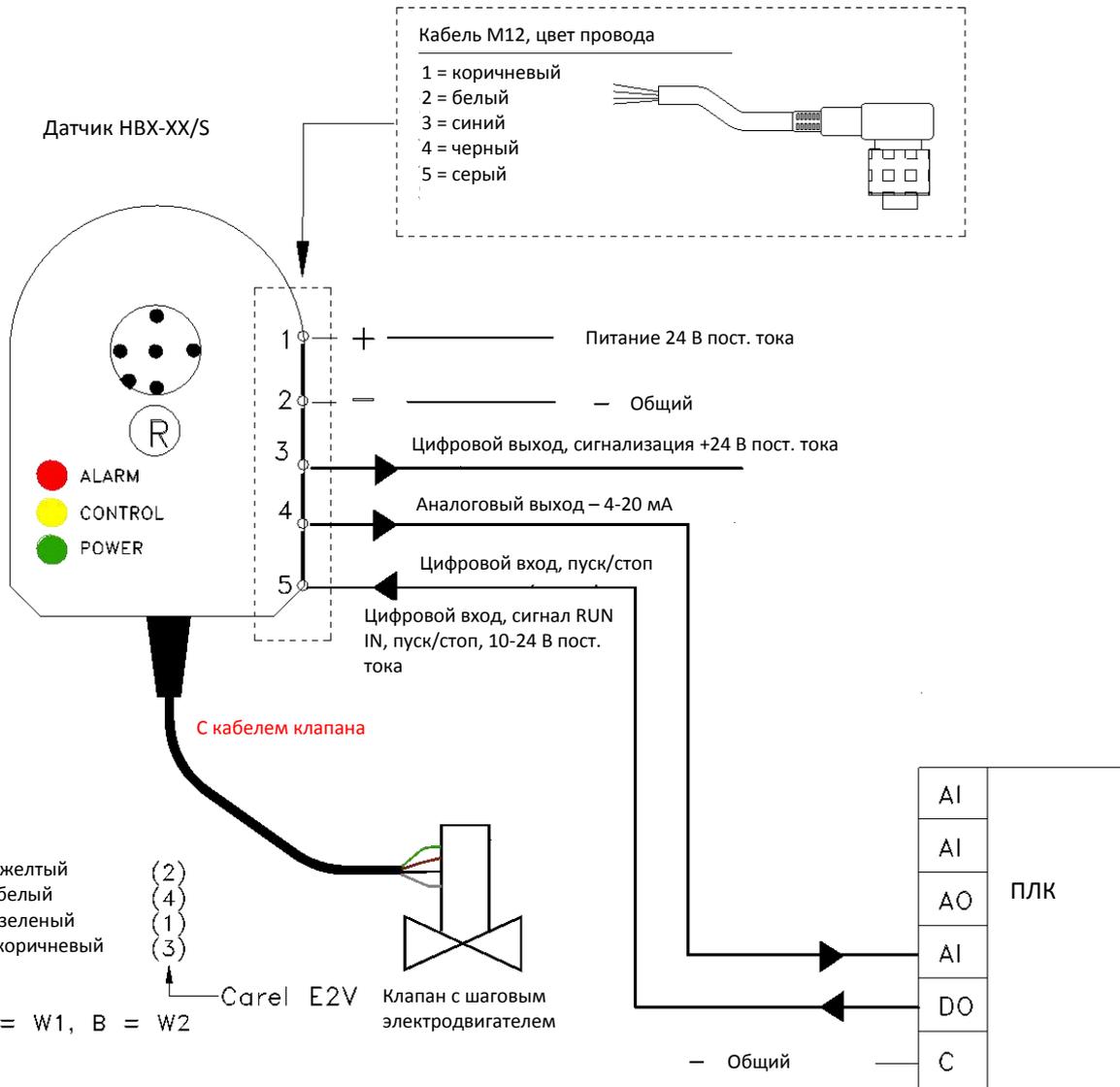


**Новое поколение датчиков сухости пара НВХ mk2 со встроенным датчиком, функцией управления испарителем и функцией дистанционного управления.**

Новые возможности при использовании в качестве контроллера:

- Оба датчика и выход управления, аналоговый 2 x 4–20 мА.
- Дополнительный аналоговый выход датчика, показывающий сухость пара, 4–20 мА (с кабелем клапана, контакт 4).
- Дистанционная настройка или температурная компенсация, аналоговый вход 4–20 мА (контакт 3).
- Выход датчика 3 можно изменить на выход цифрового реле, открывающий и закрывающий электромагнитный клапан (используется для контроля слива конденсата во время размораживания или закрытия жидкостного электромагнитного клапана).

# Схема подключения HBX/S (шаговый двигатель).



Basic settings | **Advanced settings** | Calibration

**HBX advanced settings:**

Alarm relay function: NC	Minimum valve opening in %: 0	Stepper motor step: 480
Valve speed open % in sec.: 0.1	Maximum valve opening in %: 100	Stepper motor speed in mS: 20
Valve speed close % in sec.: 0.2	Low limit safety alarm in "X": 0.85	Home recal. time in hours: 24
Dry out function in sec.: 20	Stepper motor phase current: 450 mA	
Ramp dry out % in sec.: 2	Stepper motor holding current: 100 mA	

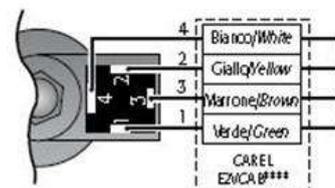
Set the configuration:  
Selected basic settings are also configured!!

Read configuration is successfully

Save to sensor | Show sensor settings

Дополнительные параметры:  
Настройки шагового двигателя должны быть установлены в соответствии с типом клапана.

Carel E2V





## Настройка: датчики стержневого типа HBX-DX и HBX-OVC, темп. от –10 до –45 °C

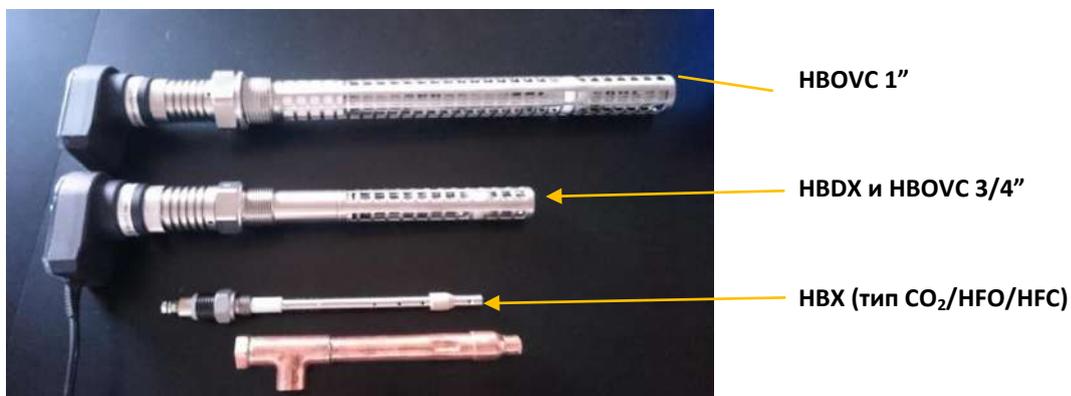
Применение	Стержневой тип 3/4", датчик DX/OVC	Стержневой тип 1", датчик OVC
Нулевые настройки	L160: 42 пФ +/-1 пФ L300: XX пФ +/-1 пФ	L300: 46 пФ +/-1 пФ
Параметры диапазона, датчик DX «X», диапазон от 0,8 до 1,0	L160: от 15 до 25 пФ по умолчанию: 20 пФ L300: от 25 до 35 пФ по умолчанию: 30 пФ	
Настройки диапазона, настройка OVC «X» диапазон от 0,6 до 1,0	L160: от 50 до 400 пФ по умолчанию: 300 пФ L300: от 80 до 600 пФ по умолчанию: 500 пФ	L300: от 50 до 300 пФ по умолчанию: 200 пФ
Основные настройки HBX-DX	Фильтр: 5 сек, Run-IN: ON Сигнализация: 0,8, задержка сигнала тревоги: 10 сек	
Основные настройки HBX-OVC	Фильтр: 10 сек, Run-IN: OFF Сигнализация: 0,6, задержка сигнала тревоги: 60 сек.	Фильтр: 10 сек, Run-IN: OFF Сигнализация: 0,6, задержка сигнала тревоги: 60 сек.

**Примечание:** приведенные выше данные указаны для NH3, температуры от -10 до 45 °C

Более высокие рабочие давления требуют другой корректировки нулевого значения (сухой пар/газ) из-за более высокой относительной плотности, например, при изменении давления от 0,2 бар до 5 бар, что приводит к изменениям от 42 пФ в 44 пФ (HBX-DX, стержневого типа, 160 мм)

**При выполнении калибровки нуля при желаемой рабочей температуре / давлении компенсация будет выполнена автоматически и обеспечит высочайшую точность измерения.**

Датчики HBX-DX mk2 могут поставляться с входным сигналом температуры для компенсации влияния температуры. Мы рекомендуем компенсацию, особенно в системах CO2, где во время запуска возникают большие перепады давления.



**ПРЕДОСТЕРЕЖЕНИЕ!** Заводские настройки не гарантируют безопасную работу, поскольку параметры конфигурации зависят от конструкции системы.