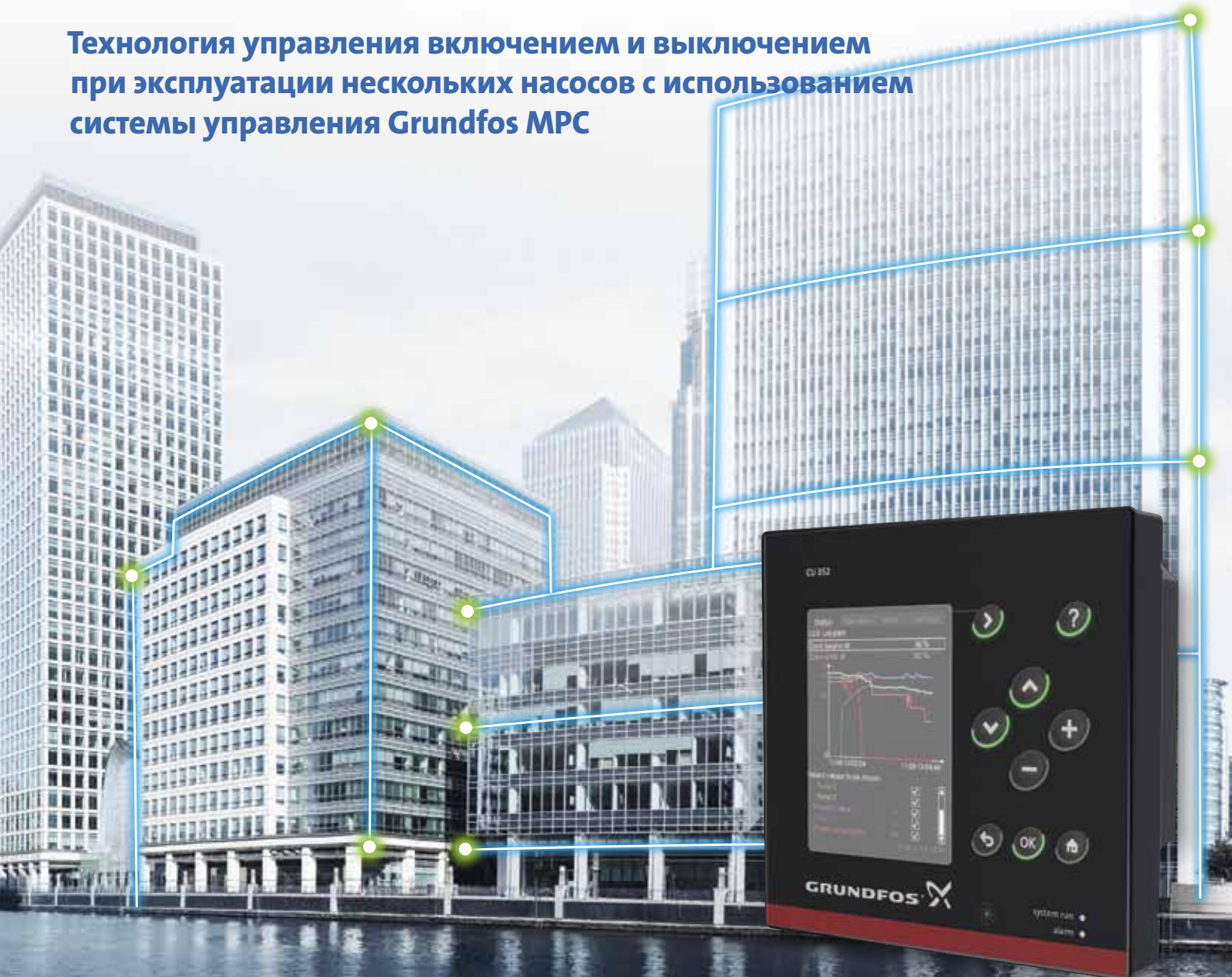


# ТЕХНОЛОГИЯ ПОДАЧИ ВОДЫ В КОММЕРЧЕСКИХ ЗДАНИЯХ

Технология управления включением и выключением  
при эксплуатации нескольких насосов с использованием  
системы управления Grundfos MPC





---

## СОДЕРЖАНИЕ

Понимание структуры системы в целом и определение мощности насосных станций	4
Более тщательное рассмотрение продвинутых функций управления включением и отключением	6
Алгоритм включения и отключения на основе принципа энергоэффективности	8
Вывод: система Grundfos MPC – ключевой элемент для качественного управления насосами	10
Несколько слов о системе управления несколькими насосами от Grundfos	11

# ВВЕДЕНИЕ

Инженеры компании GRUNDFOS занимаются исследованием насосов уже более 60 лет. Обширные практические знания были проанализированы и применены для разработки алгоритмов управления, что позволило создать насосные системы с производительностью и энергоэффективностью международного уровня.

В настоящем информационном буклете детально рассмотрен алгоритм управления работой нескольких насосов в установках (MPC) от компании Grundfos, например, при применении в системах охлаждения коммерческих зданий. Алгоритм охватывает как операции включения и отключения, так и оптимизацию энергопотребления за счет запуска в работу оптимального количества насосов.

## **Системы управления для нескольких насосов (в количестве до шести штук) от Grundfos:**

- **Control MPC** – шкаф управления с контроллером CU 352 для индивидуальных клиентских решений для всех типов насосов и способов пуска, включая частотно-регулируемый привод.
- **Hydro MPC** – готовая к подключению и эксплуатации комплектная установка. Идеальная для задачи повышения давления.

# ПОНИМАНИЕ СТРУКТУРЫ СИСТЕМЫ В ЦЕЛОМ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОЩНОСТИ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ

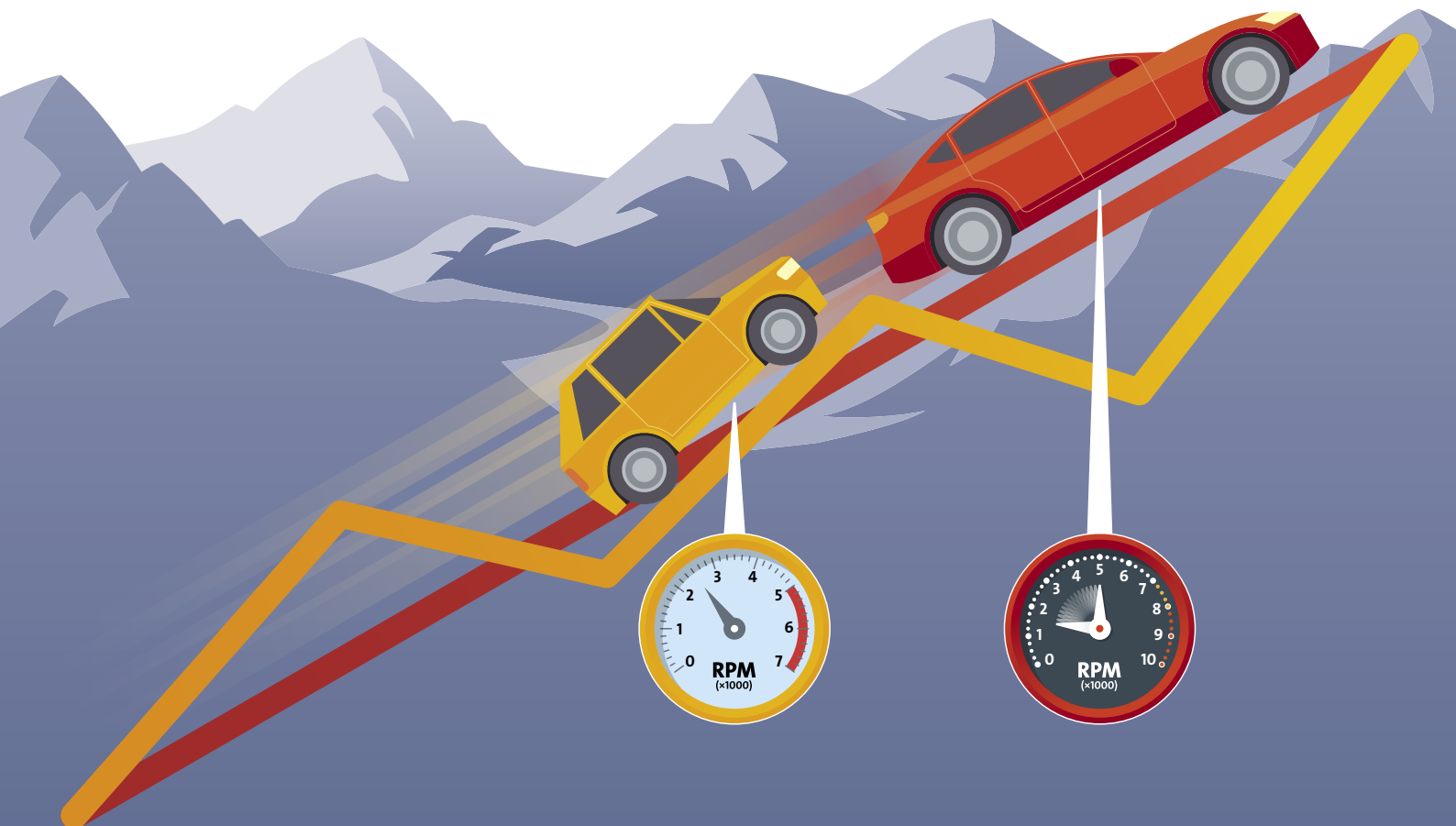


Для понимания эффекта от внедрения алгоритмов оптимизации управления насосами необходимо рассмотреть проект системы в целом или, что еще более важно, определить целесообразность внедрения этих алгоритмов. В детально проработанном проекте системы и при условии, что выбранные рабочие параметры (требуемый напор / расход) попадают в зону максимальных КПД, а также при стабильном давлении на входе, насосы работают в оптимальных условиях. Настройка операций включения и отключения является относительно простой задачей и обеспечивает эффективную работу. Однако в реальности все абсолютно не так. Зачастую

применяются насосы с завышенными параметрами, что связано с ненадлежащим проектированием или просто отсутствием проверенных данных при проектировании системы и выборе насосов.

Давление на входе также значительно колеблется в зависимости от нагрузки, в связи с чем определение вручную точки включения/отключения является весьма затруднительным и требует значительного времени.

Следовательно, правильное управление насосами является важным фактором для преодоления этих проблем.



*Включение в работу следующего насоса при достижении строго определенной скорости вращения предыдущего аналогично тому, как если бы на автомобиле с ручной коробкой передач последние переключали бы строго при определенных оборотах с заданной выдержкой времени независимо от мощности двигателя и рельефа местности. Система Grundfos MPC подобна спорткару с автоматической коробкой передач, который автоматически поддерживает наиболее эффективные параметры с более плавной работой.*

## **АЛГОРИТМЫ ВКЛЮЧЕНИЯ И ОТКЛЮЧЕНИЯ**

Прежде, чем анализировать усовершенствованные варианты управления в системе MPC, рассмотрим традиционный способ управления включением и отключением насосов, поскольку таким образом будет легче объяснить, почему подход с применением MPC намного эффективнее.

Традиционный подход заключается в установке фиксированной частоты вращения для включения/отключения каждого следующего насоса, например, когда насос 1 достигает, например, 90 % производительности в течение, приблизительно, 3–10 минут, включается насос 2 и набирает обороты. После того, как на обоих насосах будет одинаковая скорость вращения, они будут регулироваться, до тех пор, пока не будет достигнуто требуемое установленное значение. То же самое относится к насосу 3 и так далее.

Отключение выполняется по тому же принципу, обычно при нагрузке, 30 % в течение 3–10 минут. Один насос отключается,

а частота вращения оставшихся насосов регулируется для достижения требуемого установленного значения.

Это можно сравнить с управлением автомобилем с ручной коробкой передач с постоянным переключением (вверх и вниз) при строго заданных оборотах с задержкой по времени независимо от мощности двигателя и рельефа местности (подъем в гору или спуск с горы). Такой подход к управлению автомобилем является неэффективным и неудобным.

При использовании Grundfos MPC вы переходите к управлению спорткаром с полностью автоматической коробкой передач, где обороты, при которых происходит переключение передач, постоянно меняются для сохранения наиболее эффективных параметров и обеспечения плавности работы.

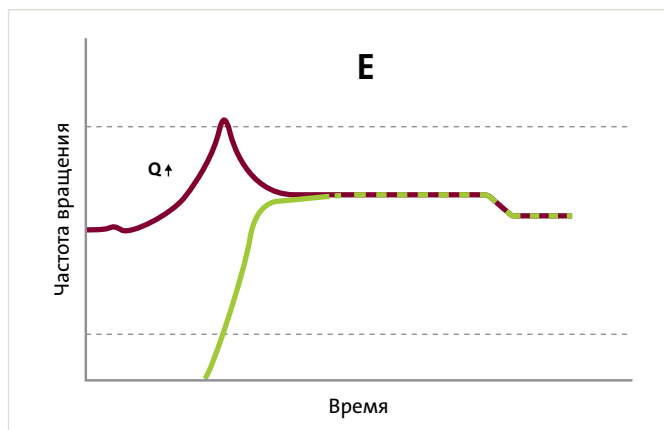
Для начала рассмотрим продвинутые алгоритмы включения и отключения, встроенные в систему Grundfos MPC.

# БОЛЕЕ ТЩАТЕЛЬНОЕ РАССМОТРЕНИЕ ПРОДВИНУТЫХ ФУНКЦИЙ УПРАВЛЕНИЯ ВКЛЮЧЕНИЕМ И ОТКЛЮЧЕНИЕМ

## ФУНКЦИЯ ВКЛЮЧЕНИЯ

Система MPC может запускать и останавливать насосы по достижении ими определенных частот вращения. Частота вращения насосов регулируется ПИ-регулятором, обычно, на основе сигнала обратной связи от датчика давления. Если датчик регистрирует падение давления ниже установленного значения, контроллер увеличит частоту вращения работающих насосов. При достижении работающими насосами установленной частоты для подключения дополнительного насоса (по умолчанию это 98 % от номинальной), он включается.

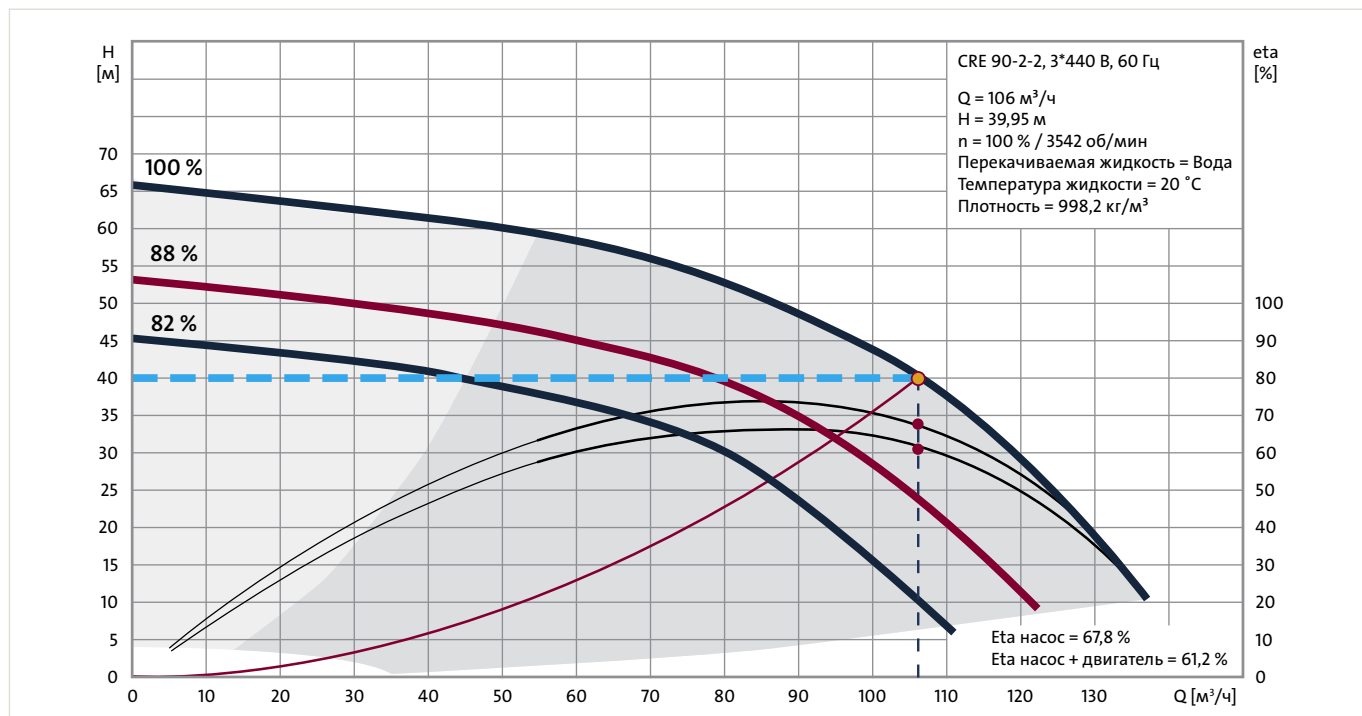
В MPC-E второй насос после запуска набирает скорость (без регулирования, — зеленая линия) с учетом заданного времени для разгона насоса.



При достижении запущенным насосом частоты вращения уже работающих, управление им переходит к ПИ-регулятору MPC. Это означает, что частоты вращения нового и уже работающего насосов (— красная линия) будут регулироваться параллельно и всегда будут совпадать.

При таком регулировании частоты вращения обеспечивается более высокая общая эффективность установки, поскольку нагрузка будет равномерно распределяться между насосами.

На приведенном графике показан случай, когда за счет работы обоих насосов с одинаковыми частотами вращения экономия в энергопотреблении достигает 10 %.



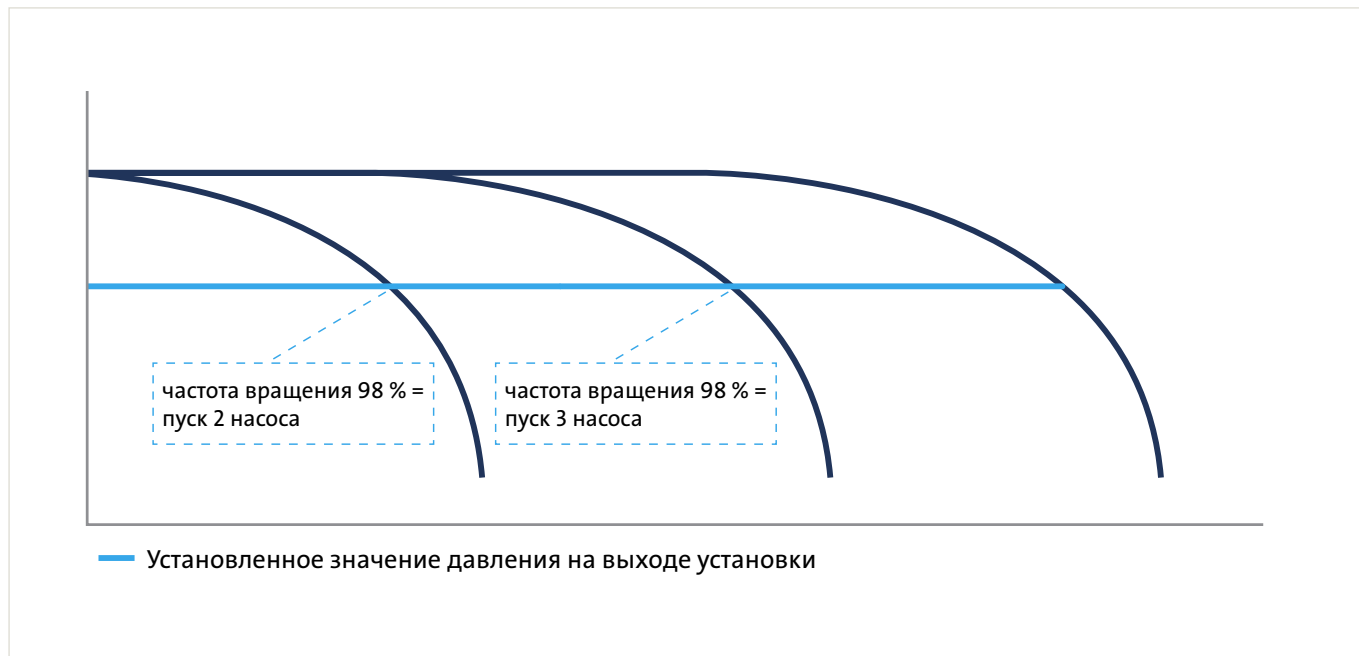
КПД при различной частоте вращения, где: Q = 150 м³ H=40 м

Сценарий 1 (— синяя линия): 1 насос @100 % + 1 насос @82 %  
 Потребляемая мощность: 18,6 кВт + 8,5 кВт = 27,1 кВт

Сценарий 2 (— красная линия): 1 насос @88 % + 1 насос @88 %  
 Потребляемая мощность: 12,2 кВт + 12,2 кВт = 24,4 кВт

Запуск второго насоса этим методом не приводит к ощутимым отклонениям давления на выходе, обеспечивая наиболее плавную работу установки и устраняя шум в системе в связи с изменениями давления. Устранение же скачков давления позволяет сократить риски разрыва трубопровода и привести к экономии на стоимости технического обслуживания трубопроводной сети.

Данная методика управления применяется для пуска всех насосов установки, уравнивание скорости всех активных насосов производится всегда.



Пример скорости при пуске насоса

## АЛГОРИТМ ОТКЛЮЧЕНИЯ

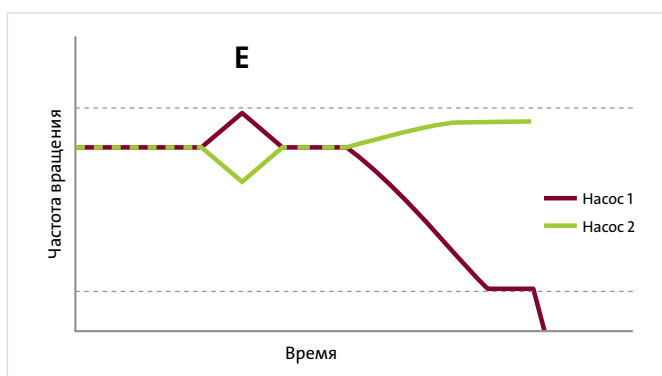
Вместо использования схемы работы при низкой частоте вращения в течение фиксированного периода времени, что является крайне неэффективным, или путем полного останова насоса, если скорость его вращения становится ниже заданной границы отключения (по умолчанию 40%), система управления Grundfos MPC оптимизирует количество одновременно работающих насосов путем специального алгоритма останова.

Суть метода заключается в том, что если в работе находится более чем один насос и частота вращения насосов опускается ниже 85% от номинала, система принудительно снизит скорость одного из насосов. При этом, для поддержания постоянного давления, частота вращения остальных насосов будет увеличиваться. Если при данной операции частота вращения оставшихся насосов превысит установленную частоту включения дополнительного насоса, попытка останова отменяется. После заданного интервала (по умолчанию 120 секунд) система предпримет еще одну попытку останова. Если же частота вращения оставшихся насосов не превысит частоту включения, а частота вращения насоса, который система пытается остановить, достигнет частоты отключения, то насос останавливается.

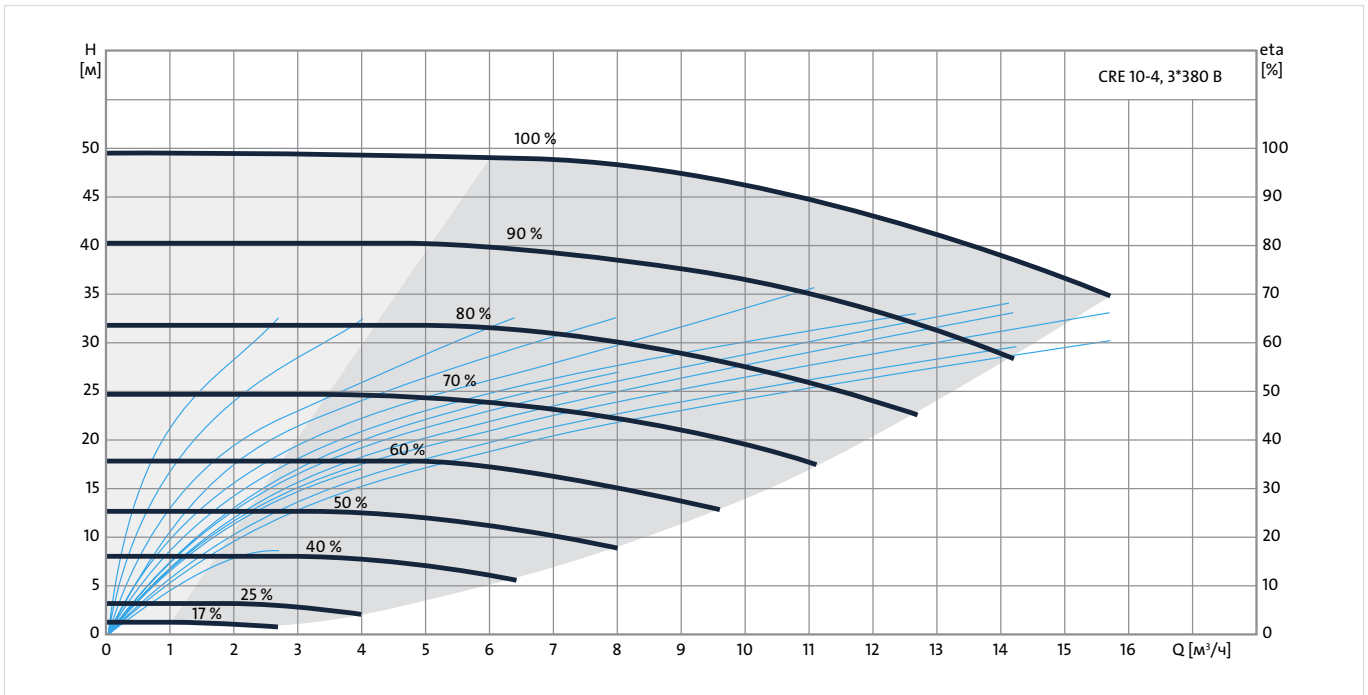
Интервал времени между попытками останова называется «самообучением». Время между попытками останова будет увеличиваться каждый раз когда попытка останова не увенчалась успехом для еще большей оптимизации процессов.

Данный алгоритм позволяет поддерживать в работе одновременно только оптимальное количества насосов и, следовательно, снижается потребление энергии системой.

Продвинутая функция управления включением и отключением является всего лишь одним из составляющих общего алгоритма работы MPC и ее можно сравнить с обычной автоматической коробкой передач. Это лучше, чем ручная коробка передач, но ее можно сделать ещё удобнее.



# АЛГОРИТМ ВКЛЮЧЕНИЯ И ОТКЛЮЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ ПРИНЦИПА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ



Кривая КПД насоса CRE

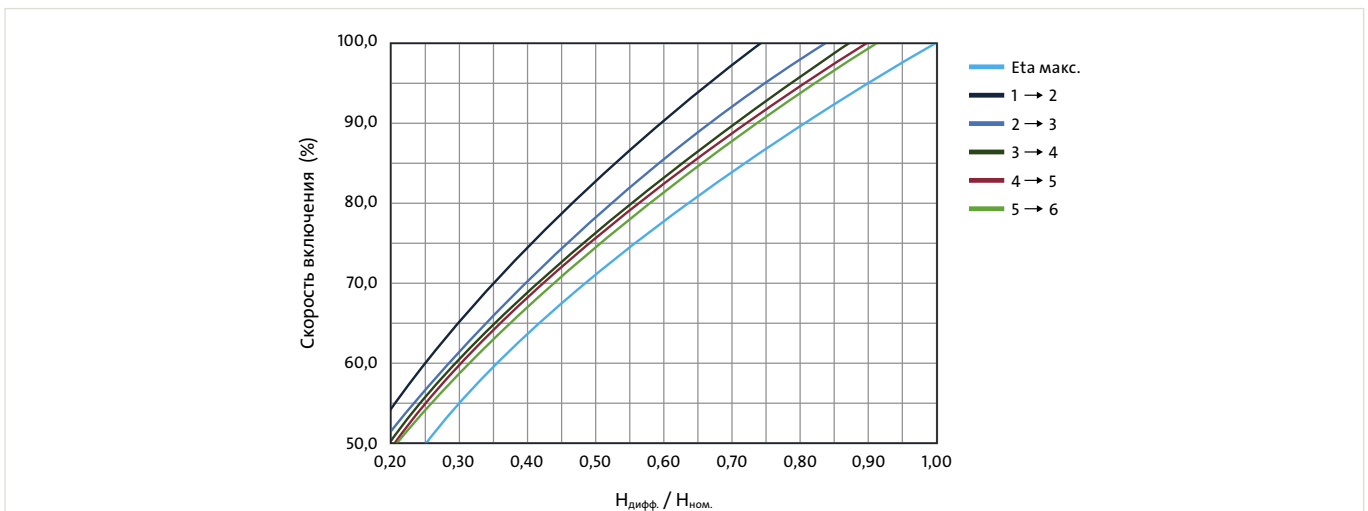
Как указано выше, при применении систем MPC операции включения и отключения насосов можно перевести на следующий уровень. Вместо включения и отключения только на основании частоты вращения, можно использовать алгоритм расчета энергопотребления на основе данных насоса.

Во все контроллеры Control MPC, по умолчанию, загружаются кривые характеристик насосов Grundfos, что, наряду с частотой вращения двигателя и перепадом давления,

позволяет управлять включением и отключением с точки зрения энергоэффективности.

## Рассмотрим принцип работы данной функции:

За счет сопоставления скорости вращения двигателя, которая считывается с преобразователя частоты по интерфейсу GENIbus, с перепадом давления, который измеряется на группе насосов, контроллер всегда знает, в какой точке кривой характеристик работают насосы и КПД в этой рабочей точке.



Пример соотношения между рабочей точкой и оптимальной скоростью включения для насоса CR

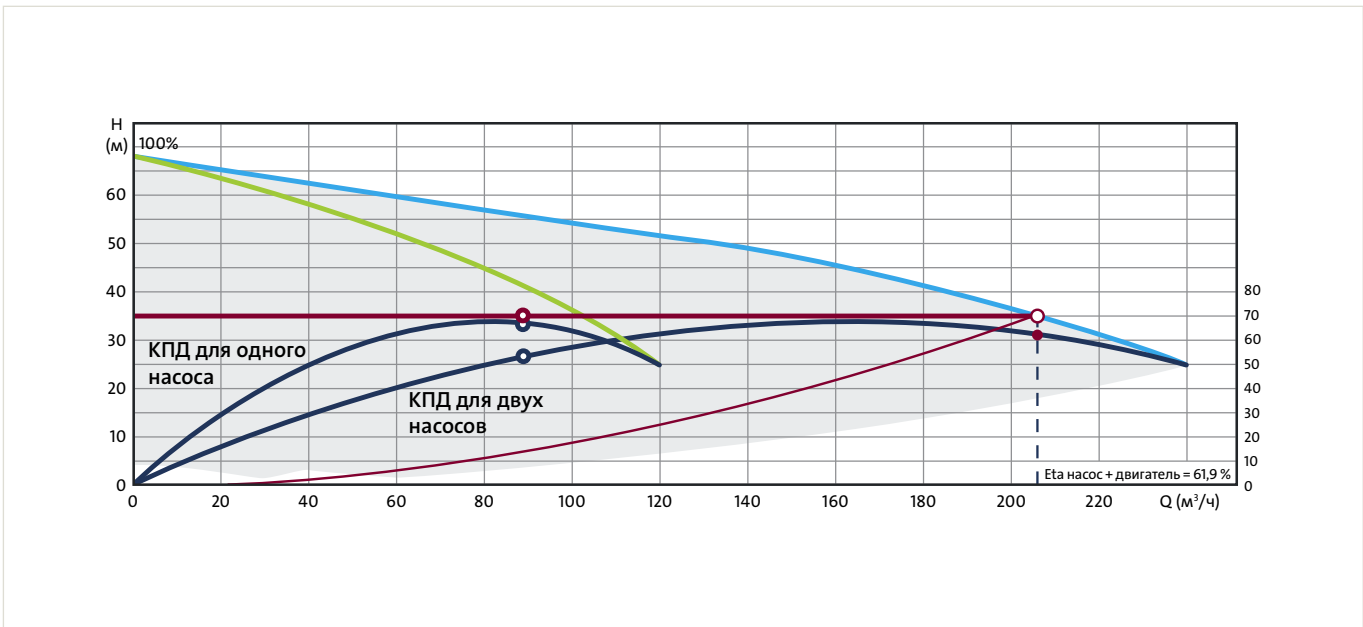


Для определения наиболее подходящей, с точки зрения энергоэффективности, точки включения, контроллер рассматривает соотношение между  $H_{\text{дифф}}$  и  $H_{\text{ном.}}$  и на основе кривой насоса вычисляет наиболее эффективные скорости для включения следующего насоса. Данная скорость зависит от количества насосов, уже находящихся в работе, и отношения  $H_{\text{дифф}}$  к  $H_{\text{ном.}}$ .

- $H_{\text{ном.}}$  – это номинальное давление насоса, указано в технических данных и является константой.
- $H_{\text{дифф}}$  – это перепад давления на насосе, который будет изменяться в зависимости от конфигурации системы и/или изменений давления на входе/выходе. Данный параметр измеряется или датчиком перепада давления или датчиками давления на входе и выходе группы насосов.

Пример кривой для насоса CR, приведенный на стр. 8, показывает, что наиболее эффективная частота включения зависит от рабочей точки ( $H_{\text{дифф}}/H_{\text{ном.}}$ ) и количества насосов. Если рабочая точка насосов находится ниже значения  $H_{\text{ном.}}$ , выгодно использовать частоту включения ниже 100 %. Как показано на графике, чем дальше рабочая точка удаляется от значения  $H_{\text{ном.}}$ , тем ниже частота вращения для включения следующего насоса; а чем ближе рабочая точка насоса к  $H_{\text{ном.}}$ , тем частота включения выше.

Оптимальная скорость включения также изменяется в зависимости от количества работающих насосов. Это необходимо учитывать для того, чтобы при переходе, например, с одного насоса на два потреблялось не больше энергии, чем при работе одного насоса. Поскольку переход с одного насоса на два приведет к изменению расхода работающего насоса на 50 %, и если такое переключение выполняется при условиях близких к оптимальному потреблению энергии для насоса, то это приведет к повышенной потребляемой мощности при работе двух насосов. Поэтому, частота вращения, при которой происходит включение второго насоса, будет выше наиболее оптимальной точки по части потребления энергии, но подключение, например, 6-го насоса возможно производить в зоне более близкой к точке с оптимальным потреблением энергии, поскольку расход на каждом из 5-ти насосов изменится не более, чем на одну шестую (16 %).



Показана система из двух насосов, в которой выбранная рабочая точка может обеспечиваться одним или двумя насосами, но в случае с двумя насосами присутствует 10 % падение КПД, таким образом вариант с одним насосом является предпочтительным.

**Включение:** каждую секунду контроллер вычисляет требуемую производительность исходя из фактического давления на входе и уставки. Эти данные сопоставляются со значением  $H_{\text{ном.}}$  насосов. Используя приведенные выше расчеты контроллер вычисляет момент включения следующего насоса.

**Отключение:** выполняется по тому же принципу, что и включение, но, поскольку при отключении в работе останется на один насос меньше, граница отключения выбирается так, чтобы энергопотребление системы после отключения 1-го насоса не превышало значения до этого отключения.

Для принятия решения о моменте включения и отключения насосов, контроллер анализирует рабочую точку и частоту вращения и сравнивает ее с кривой работы насоса с точки зрения энергоэффективности. Таким образом, если заданный расход может обеспечиваться, например, одним или двумя насосами, контроллер выполнит анализ и выберет наиболее эффективный, с точки зрения потребления энергии, вариант.

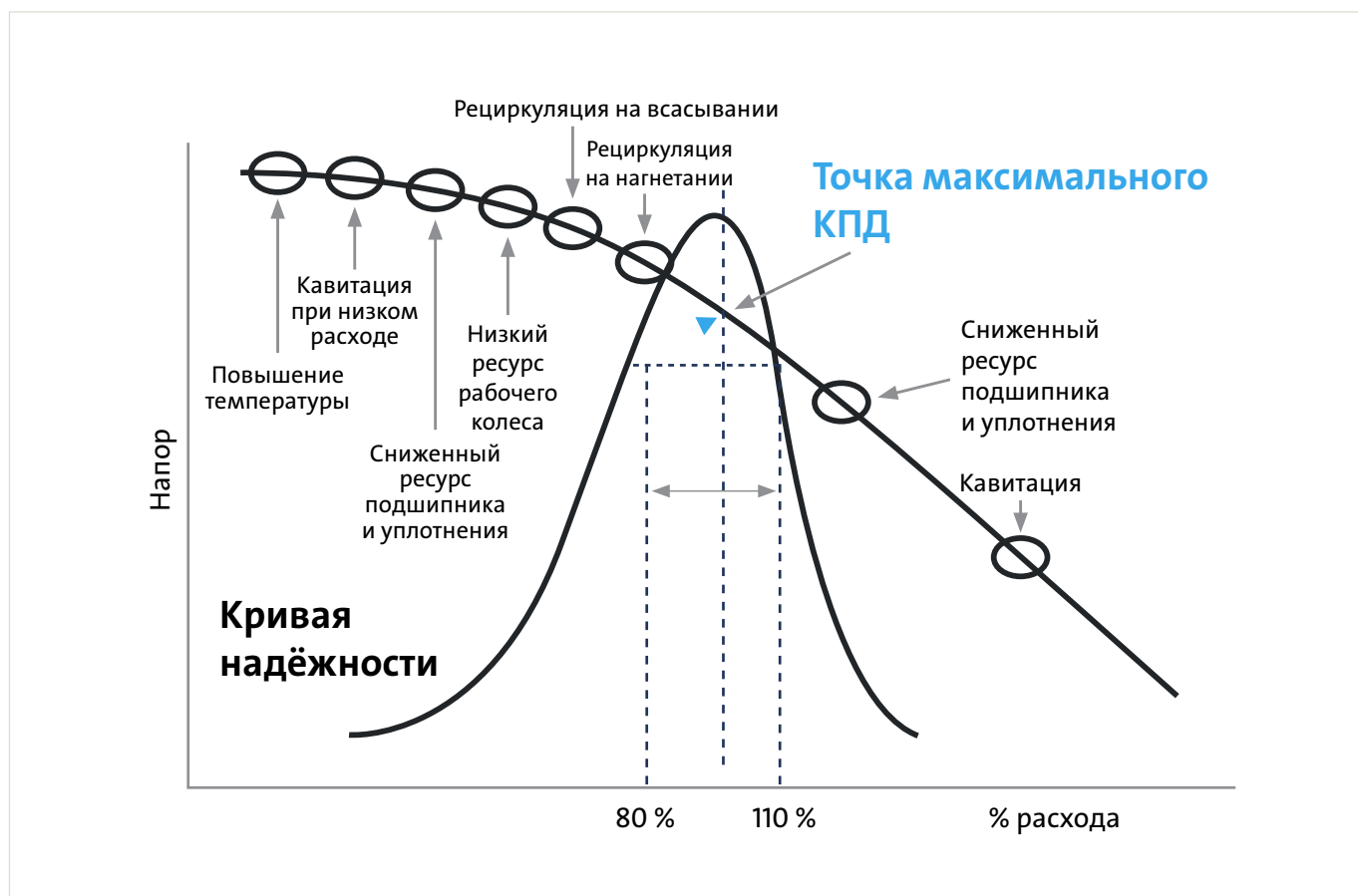
# ВЫВОД: СИСТЕМА GRUNDFOS MPC – КЛЮЧЕВОЙ ЭЛЕМЕНТ ДЛЯ КАЧЕСТВЕННОГО УПРАВЛЕНИЯ НАСОСАМИ

Продвинутое каскадное/ступенчатое управление насосами, предлагаемое системой MPC, является важным моментом для обеспечения эффективного управления насосами и удобства эксплуатации системы. Технология основана на более чем 60-летнем опыте изучения насосов с постоянным поиском способов совершенствования работы и повышения КПД. Алгоритмы управления включением и отключением на основе функции оптимизации энергопотребления принесут пользу не только в случае неправильно подобранной мощности; от их применения выиграют все системы.

Даже работы по вводу оборудования в эксплуатацию станут лёгкой задачей, поскольку более не потребуется длительного программирования на объекте и поиска решений методом проб и ошибок до получения приемлемого результата. При использовании MPC это занимает всего несколько минут и не приходится действовать наугад, чтобы обеспечить максимальную эффективность и удобство.

Первым и наиболее заметным преимуществом является снижение потребляемой мощности, а также повышение уровня комфорта. Более плавная работа, обеспечивает снижение уровня шума в системе, а также, механического напряжения, передаваемого трубопроводу.

Вторым и, вероятно, даже еще более важным преимуществом является то, что за счет обеспечения постоянной работы насосов в зоне оптимальных значений КПД ограничивается вероятность выхода оборудования за пределы номинальных рабочих параметров. Выход из зоны оптимальных значений КПД сокращает срок службы насоса и увеличивает риск кавитации, в результате возникновения которой происходит разрушение уплотнений и подшипников.



Зависимость надежности от положения рабочей точки и определение зоны максимальных значений КПД.

# НЕСКОЛЬКО СЛОВ О СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ НЕСКОЛЬКИМИ НАСОСАМИ ОТ GRUNDFOS

Системы управления несколькими насосами являются частью концепции Grundfos iSOLUTIONS – применение интеллектуальных технологий для обеспечения оптимальной производительности, общей энергоэффективности и максимальной надежности вашей системы.

С помощью специальных модулей связи и систем управления можно добиться бесперебойной эксплуатации в конкретных условиях, оптимизации энергопотребления и обеспечить интеграцию в системы верхнего уровня по широкому набору поддерживаемых протоколов связи. За счет использования специальных функций и мастера первого запуска упрощается ввод в эксплуатацию. Вы можете в полной мере ощутить преимущества Grundfos iSOLUTIONS, управляя своей системой кончиком пальца с персонального компьютера, планшета или смартфона.

Grundfos предоставляет ряд высококачественных решений для управления несколькими насосами, предназначенных для максимального повышения эффективности. Grundfos Control MPC (система управления несколькими насосами) – это шкаф управления с контроллером CU 352, который обеспечивает возможность контроля и управления системой насосов в количестве до шести штук.

## УСТАНОВКА ПОВЫШЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ HYDRO MPC

Комплектная, прошедшая заводские испытания и готовая к подключению и эксплуатации установка под управлением контроллера CU 352.



## CONTROL MPC

Шкаф управления с контроллером CU 352 для индивидуальных решений и любых типов насосов.

