

# Три шага к сокращению совокупной стоимости владения для насосных систем

Авторы: Лайонелл Гаудрел и Арно Саврё

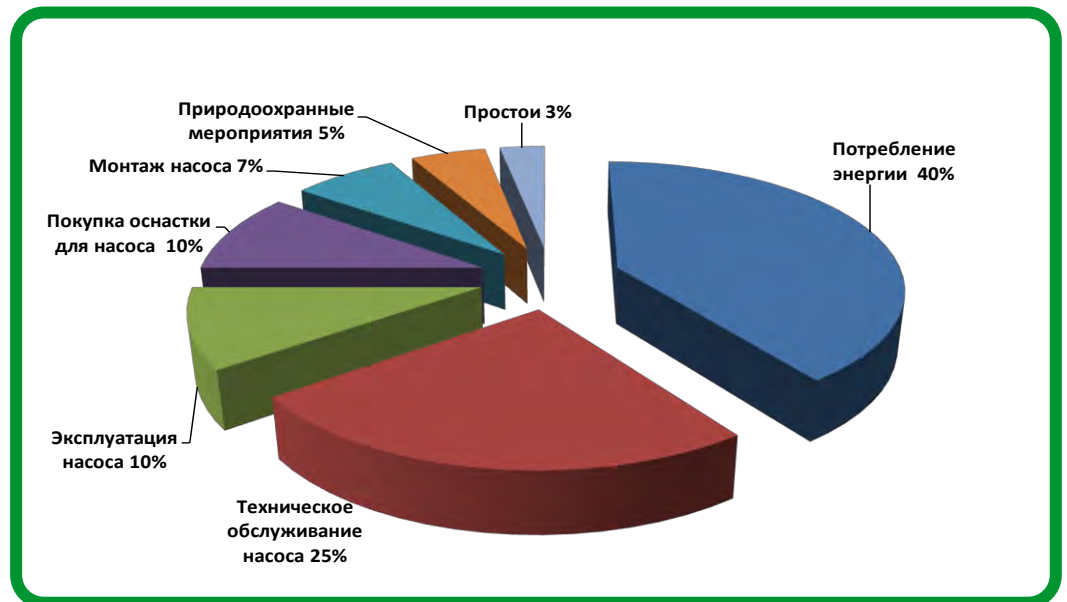
## Аннотация

Доля затрат на электроэнергию в совокупной стоимости владения (ТСО) для промышленных насосных систем увеличивается. Фактически затраты на электроэнергию составляют 40% в структуре ТСО для типичного насоса. За счет применения соответствующих методов управления электропитанием можно сократить потребление электроэнергии по меньшей мере на 30% при одновременном сокращении затрат на техническое обслуживание. В настоящей статье описаны методы сокращения ТСО при ограниченных вложениях.

## Введение

Если насосные системы встраиваются в какие-либо структуры, например здания, водопроводные и водоотводные установки, предприятия нефтегазового комплекса – потребление энергии оказывает существенное влияние на общие затраты. Несмотря на то, что затраты на электроэнергию составляют 40% совокупной стоимости владения (см. **рис. 1**) для насосных систем, многие организации не принимают надлежащие меры в целях сокращения расходов за счет повышения эффективности. Чтобы решить эту задачу, необходимо осмыслить и учесть существование определенных барьеров. Ниже перечислены наиболее значимые из них.

- **Отсутствие надлежащих показателей** – эффективность энергопользования традиционно не используется при оценке общей эффективности системы. В большинстве организаций учет поставок энергии и обеспечение эффективности эксплуатации проходят по разным ведомствам, а единые, стандартизированные показатели не используются.
- **Недостаток знаний** – широко распространена недостаточная осведомленность о возможностях повышения эффективности энергопользования. Вследствие этого потенциальная экономия и другие преимущества в должной мере не используются.



### Рисунок 1

Типичная структура затрат для насоса с учетом всего жизненного цикла (по данным Института гидравлики неправительственной организации Pump System Matter (США))

1. Управление эффективностью энергопользования
2. Управление активами
3. Контроль затрат на электроэнергию

Для целей настоящей статьи масштаб насосной системы определен как охватывающий все сопутствующие элементы, начиная от точки подключения к линии электросетевой компании и заканчивая конечной точкой потребления. В настоящей статье продемонстрировано, как применение передового опыта в области управления электропитанием может привести к сокращению TCO на 20% и обеспечить окупаемость инвестиций (ROI) за 24 месяца.

## Шаг 1. Управление эффективностью энергопользования

В настоящее время эффективность энергопользования является глобальным приоритетом как для развитых, так и для развивающихся стран. Конференция и саммит Земли, состоявшиеся в Рио-де-Жанейро в 1992 году, а также Киотский протокол 1997 года привели к подписанию общемирового договора, который устанавливает обязательные ориентиры по сокращению выбросов парниковых газов. Международное энергетическое агентство (МЭА), различные государства и неправительственные организации (НПО) согласились в том, что сокращение выбросов CO<sub>2</sub>, обеспечиваемое экономией энергии, может быть достигнуто путем распространения энергосберегающих технологий и систем.

Затруднение состоит в том, что характер промышленного производства непрерывно меняется. Например, производственные циклы находятся под постоянным влиянием различных переменных, например рыночного спроса, погодных условий и местных законодательных норм. Поэтому организации, эксплуатирующие заводы и здания, должны осознавать, как и когда используется энергия, чтобы свести к минимуму ее потребление и соответствующие затраты.

Обсуждаемая в настоящей статье концепция управления электропитанием насосной системы содержит анализ причин недостаточной эффективности не только для отдельных компонентов системы, но и для системы в целом как интегрированной структуры.

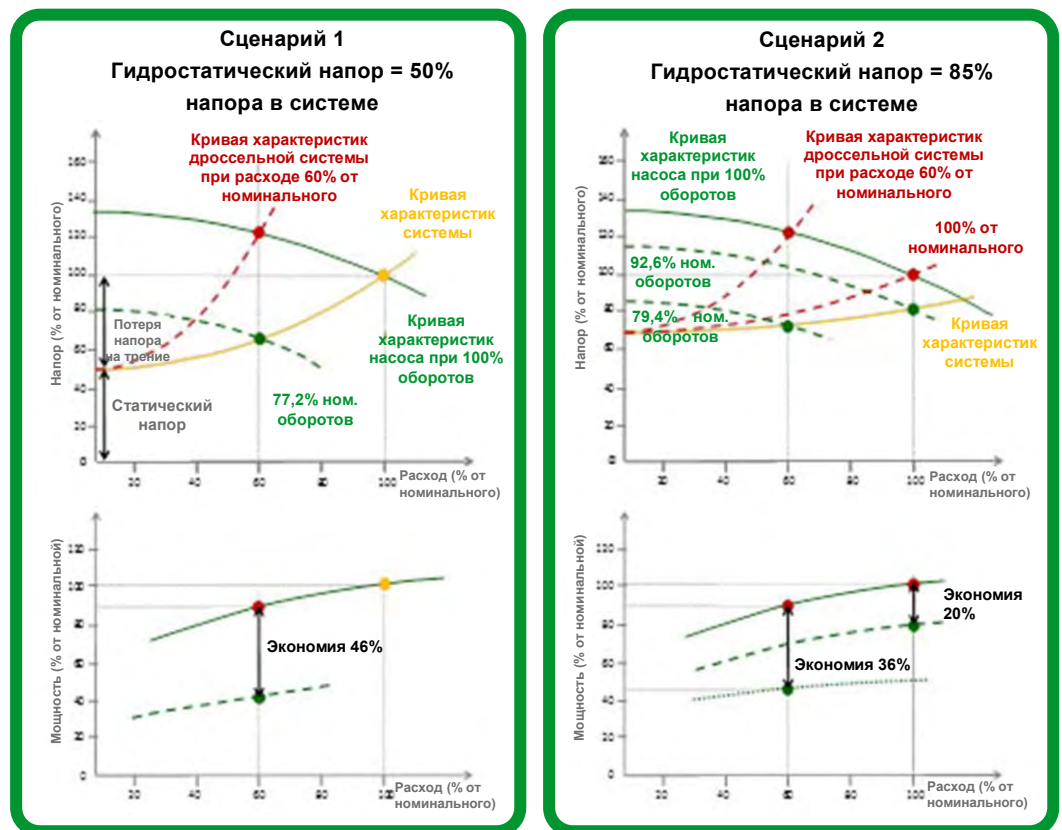
Наиболее существенными причинами недостаточной эффективности насосных систем являются следующие:

- несоответствие между количеством задействованных насосов и реальными потребностями (то есть недостаточная или избыточная производительность);
- ненадлежащее использование дроссельных клапанов и заслонок для регулирования жидкостных потоков.

Анализ этих факторов показывает, что метод управления насосной системой существенно влияет на общую эффективность системы. Системы управления состоят из аппаратных и программных компонентов. Если рассматривать аппаратную часть, то приводы с регулируемой частотой вращения являются одной из главных составляющих обеспечения высокой эффективности.

### Рисунок 2

Сравнение экономии энергии при использовании приводов с регулируемой частотой вращения и приводов с постоянной частотой вращения – при расходе 100% и 60% от номинального, с учетом гидростатического напора и производительности насоса. Рабочие точки отмечены на пересечениях кривой насосных характеристик с кривой характеристик системы



На **рис. 2** (стр. 3) приведено сравнение двух вариантов исполнения насосной установки. В одном из них используется привод с регулируемой частотой вращения, в другом – привод с постоянной частотой вращения и дроссельная система. Сравнение проводится при различных значениях гидростатического напора (разности высот между источником и конечным потребителем).

- При постоянной частоте вращения (пример с дроссельной системой) в гидравлический контур необходимо ввести дроссельный клапан. Это позволяет регулировать расход жидкости путем увеличения или уменьшения сопротивления потоку. В результате кривая характеристик системы меняется. Однако частота вращения остается неизменной, поэтому кривая характеристик насоса не меняется. Расход жидкости удастся отрегулировать, но напор значительно превышает потребность, что не позволяет в должной мере экономить энергию.
- Если применяется привод с регулируемой частотой вращения, то кривая характеристик системы остается неизменной. Кривая характеристик насоса меняется в зависимости от скорости потока, согласно закону подобия (это правило гидравлики, выражающее соотношение между переменными, которые влияют на производительность насоса, такими как напор, объемный расход, частота вращения вала и мощность). Коррекция частоты вращения позволяет, обеспечивая потребности технологического процесса, существенно экономить энергию.

Количество сэкономленной энергии зависит от гидростатического напора: чем ниже гидростатический напор, тем больше экономия энергии (и шире диапазон изменения частоты вращения). Чтобы перекачка состоялась, необходимо затратить достаточное количество энергии на преодоление гидростатического напора. Потерей напора на трение называется та часть напора, которая необходима для проталкивания жидкости через трубы и штуцеры. Значение этого параметра зависит от расхода и вязкости жидкости, а также диаметра и длины трубопровода.

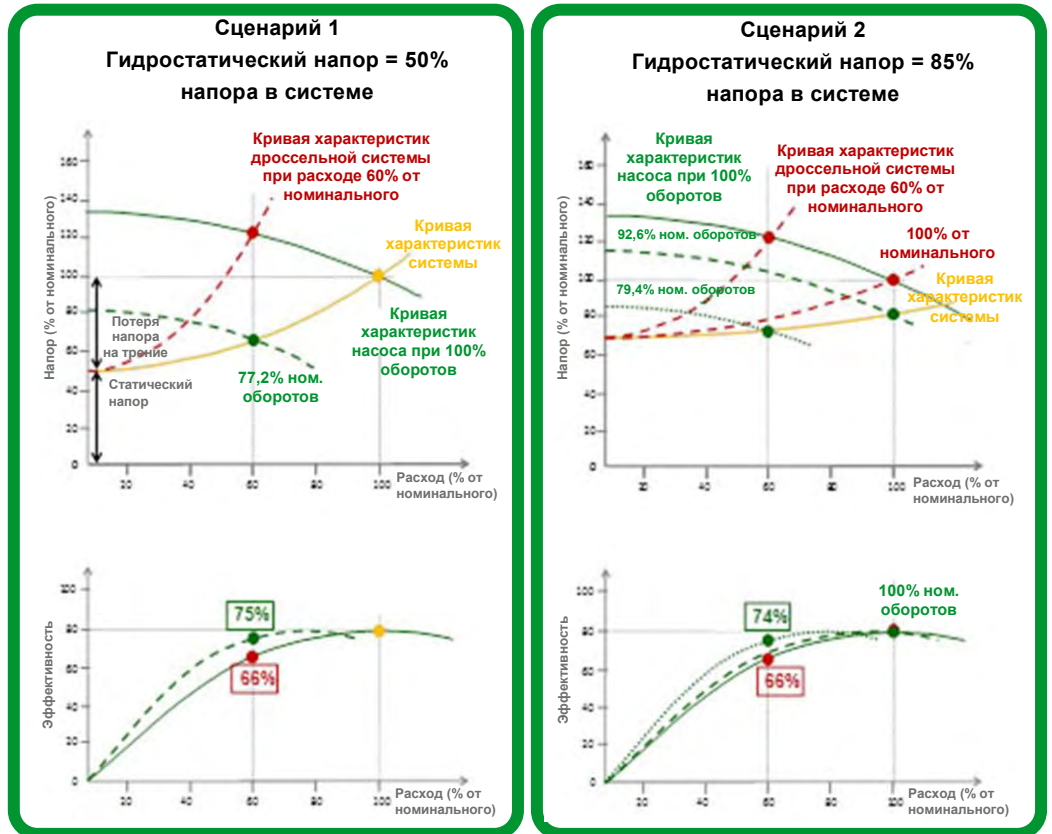
- Сценарий 1 (**рис. 2**): гидростатический напор составляет 50% от напора в системе, а параметры насоса соответствуют потребностям системы в отношении напора и расхода жидкости. При расходе 100% мощность, потребляемая насосом, одинакова и для привода с постоянной частотой вращения, и для привода с регулируемой частотой вращения. При расходе 60% от номинального экономия энергии, получаемая за счет использования привода с регулируемой частотой вращения, составляет 46%.
- Сценарий 2 (**рис. 2**): гидростатический напор составляет 85% от напора в системе, а производительность насоса превышает потребности системы на 20%. В реальных условиях 75% насосов подбираются с избыточной (на 10–30%) производительностью. Это делается на случай возникновения ожидаемых в течение срока службы насоса пиковых ситуаций, с учетом возможного увеличения потребностей, или для рационализации обеспечения запасными частями. Таким образом, привод с регулируемой частотой вращения позволяет сэкономить 20% энергии при расходе 100%, и 36% энергии при расходе 60% от номинального.

При изменении рабочей точки на кривой характеристик насоса изменяется и эффективность насоса. С наивысшей эффективностью насос работает при максимальной производительности. Такое сочетание условий называется «точкой оптимального КПД» (ВЕР). С точки зрения проектирования и эксплуатации установки цель заключается в максимальном приближении к точке ВЕР. При изменении частоты вращения КПД насоса остается примерно таким же, но применительно к изменившемуся расходу жидкости. При постоянной частоте вращения ограничение расхода быстро приводит к снижению КПД насоса (так как его характеристики отдаляются от точки ВЕР), тогда как регулирование частоты вращения позволяет удерживать КПД вблизи точки ВЕР (см. **рис. 3**).

Определение КПД насоса – это лишь первый этап в оценке эффективности системы. Анализ эффективности с помощью программного обеспечения позволяет выявлять рабочие точки, неблагоприятные для работы насоса. Доступ к таким данным может помочь повысить эффективность энергопользования и общую надежность системы.

**Рисунок 3**

Сравнение двух сценариев с точки зрения эффективности: при расходе 60% от номинального эффективность за счет использования приводов с регулируемой частотой вращения повышается на 8–9%.



### Краткое изложение передового опыта по повышению эффективности энергопользования в насосных системах

Эффективность энергопользования в насосной системе можно повысить путем реализации перечисленных ниже простых мер.

- Замена приводов с постоянной частотой вращения на приводы с регулируемой частотой вращения с целью повышения эффективности. Подсоединенный к насосу привод с переменной частотой вращения позволяет регулировать частоту вращения, давление и расход в соответствии с динамикой процесса и производственными требованиями.
- Мониторинг производственных данных и данных о потреблении энергии с помощью программных информационных панелей. Непрерывное отслеживание расхождений между производительностью и потреблением энергии позволяет быстро принимать экономически эффективные решения. Интеллектуальные электронные устройства (IED), к которым относятся и приводы с регулируемой частотой вращения, встраиваются в систему мониторинга и играют существенную роль в сборе эксплуатационных, производственных данных и сведений о потреблении энергии в режиме реального времени. Контрольные точки должны располагаться как можно ближе к нагрузке, так как в этом диапазоне потребляется большая часть энергии. Чем ближе процесс мониторинга к нагрузке, тем больше сведений об экономии средств можно собрать.
- Мониторинг рабочих точек насоса и его эффективности на постоянной основе с целью визуализации тенденций. Наблюдение за развитием тенденций помогает принимать осознанные решения, которые позволяют повышать эффективность и оценивать воздействие усовершенствований на работу системы.
- Использование надлежащих показателей для оценки повышения или понижения эффективности конкретных систем и сравнения данных об эффективности различных насосов на разных площадках. Рекомендуется использовать такой ключевой показатель эффективности (KPI), как удельный расход энергии ( $\text{кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^3$ ).

## Стандарты эффективности: электродвигатели

В области повышения эффективности электродвигатели играют важную роль как часть общей насосной системы. В 2008 году международная электротехническая комиссия ввела стандарты IEC60034-30 и IEC60034-31 для классификации эффективности систем по применяемым электродвигателям. Различные страны на основе этих стандартов разработали законы и правила, которые требуют использования более эффективных электродвигателей с целью сокращения выбросов CO<sub>2</sub>. В **табл. 1** приведены уровни этих стандартов для различных географических регионов.

**Таблица 1**

Классификация уровней эффективности электродвигателей в различных географических регионах

Класс эффективности электродвигателя	Общемировой стандарт	США	ЕС (устар.)	ЕС (новый)	Китай	Австралия
Premium	IE3	NEMA premium	-	IE3	-	-
Высокий	IE2	EPAct	Eff 1	IE2	Класс 1	AU2006 MEPS
Стандартный	IE1	-	Eff 2	IE1	Класс 2	AU2002 MEPS
Ниже требований стандартов	IE0	-	Eff 3	-	Класс 3	-

Правительственные постановления требуют повышения эффективности электродвигателей в течение нескольких следующих лет. В тех странах Евросоюза, для которых в настоящее время обязательно использование электродвигателей класса IE2, к 2016 году потребуются либо использование электродвигателей класса IE3, либо электродвигателей класса IE2, оснащаемых приводами с регулируемой частотой вращения. КПД электродвигателя, выпущенного по стандарту IE3, при мощности 4 кВт (5 л. с.) на 2% превышает КПД электродвигателя, соответствующего стандарту IE2. Для двигателей мощностью 90 кВт (125 л. с.) эта разница составляет 1%. Эти достижения сами по себе существенны, однако применение приводов с регулируемой частотой вращения позволяет дополнительно повысить эффективность.

## Стандарты эффективности: насосы

В отношении насосов, как и для электродвигателей, были разработаны новые стандарты и правила. Например: Европейская комиссия (ЕС) согласно Директиве 2009/125/ЕС приняла регламент № 547/2012, содержащий требования «эко-дизайна» к водяным насосам. Регламент ЕС направлен на вытеснение малоэффективных водяных насосов. Этот регламент в странах Евросоюза распространяется на центробежные водяные насосы, используемые для перекачки чистой воды.

Регламент ЕС определяет индекс минимальной эффективности (MEI) для насосов, подпадающих под условия регулирования. Индекс MEI – это критерий, основанный на оценке статистических данных европейских производителей насосов, на технологических аспектах, на законах гидродинамики и на анализе рабочих точек, находящихся в диапазоне от 75 до 110% от расхода BEP.

Согласно регламенту № 547/2012, с 1 января 2013 г. индекс MEI насосов должен составлять не менее 0,1. Это влияет на производителей насосов, так как 10% вариантов конфигурации признаны устаревшими. С 1 января 2015 года индекс MEI для всех новых насосов, которые продаются конечным потребителям, должен составлять не менее 0,4. Это означает, что 40% существующих товарных запасов производителей будут считаться устаревшими. Разница в эффективности между значениями индекса MEI 0,4 и 0,1 составляет около 5%.

В целях дальнейшего повышения эффективности Евросоюз инициировал разработку новой директивы, которая обеспечит более широкий нормативный охват насосных систем. С расширением границ оценки эффективности насосная система будет рассматриваться как совокупность насоса, электродвигателя, профиля нагрузки и приводов с регулируемой частотой вращения. Это позволит увеличить потенциальную экономию до 30% по сравнению с экономией 3,6%, обеспечиваемой при существующем подходе («только насос»).

\*К 1 января 2015 г. показатель MEI для насосов должен быть не ниже 0,4. Это означает, что 40% существующих товарных запасов производителей будут считаться устаревшими

Регламент МЭК № 547/2012 не охватывает насосы для систем пожаротушения, самовсасывающие насосы, поршневые насосы, насосы для частных и государственных предприятий по водоотведению, насосы для перекачки жидкостей с высоким содержанием твердых веществ, насосы для бассейнов, насосы для фонтанов и насосы для перекачки чистой воды мощностью свыше 150 кВт. (Во многих из этих областей ведутся подготовительные исследования для дальнейшего развития новых стандартов эффективности.)

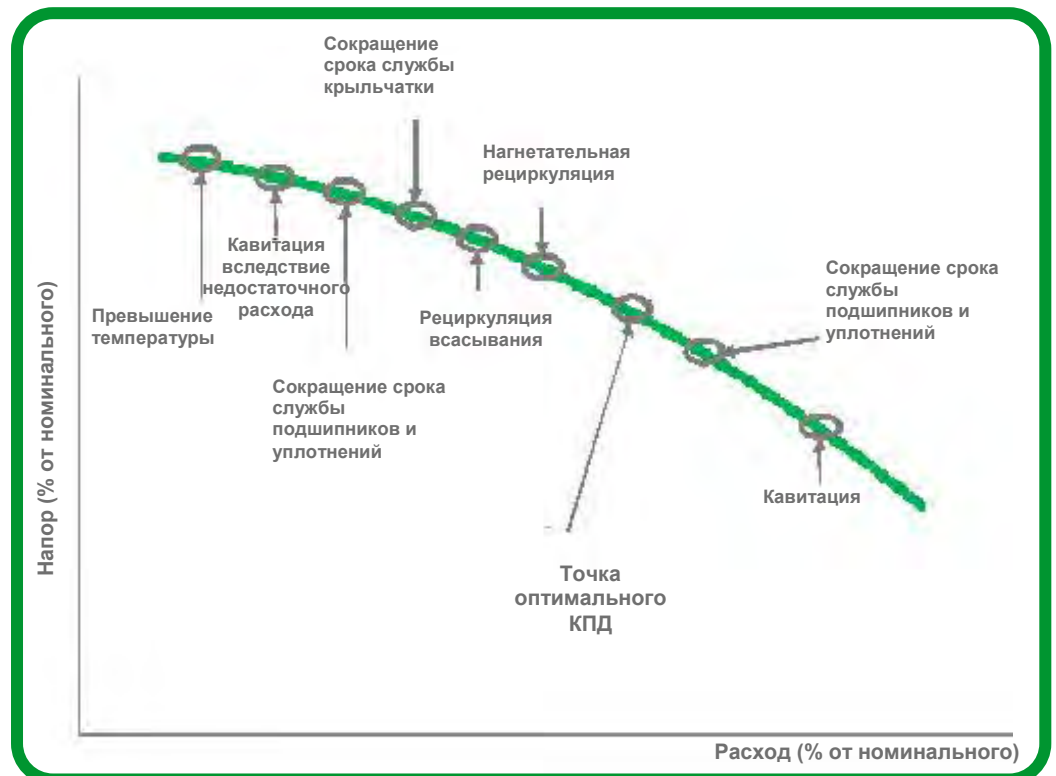
В других регионах мира установлены собственные показатели минимальной энергетической эффективности для насосов. В Бразилии действует метод расчета, близкий к подходу ЕС. В Китае действует стандарт GB19762-2007, применимый к насосам для перекачки чистой воды. В этом регламенте выделено 3 класса, причем к классу 1 относятся насосы с очень высокой эффективностью. Класс 3 охватывает насосы минимальной эффективности. Метод расчета, используемый для определения класса, отличается от метода, используемого в регламенте ЕС. В министерстве энергетики США (DOE) начата работа по оценке новых энергетических стандартов для насосов. Министерство энергетики опубликовало концепцию нормотворчества и предоставило общий доступ к документам о коммерческих и промышленных насосах производителям, потребительским группам, федеральным агентствам и штатам с целью сбора отзывов.

## Шаг 2. Управление активами

Физические активы (к которым относятся и насосы) требуют постоянного технического обслуживания. Расходы на техническое обслуживание составляют 25% от совокупной стоимости владения (см. **рис. 1**). Поэтому вопросы технического обслуживания следует обязательно изучить в разрезе их влияния на экономию энергии. Расходы на техническое обслуживание неизбежны, поскольку при эксплуатации системы происходит естественный износ компонентов. Стоимость простоев, связанная с сокращением производства, оказывает существенное влияние на финансовую состоятельность бизнеса. В насосных установках много движущихся компонентов, поэтому надлежащее техническое обслуживание двигателей, приводов, насосов и связанных с ними трубопроводов имеет решающее значение. Можно принять разнообразные меры к тому, чтобы свести расходы на техническое обслуживание к минимуму без ущерба для целостности системы.

### Рисунок 4

Связанные с техническим обслуживанием вопросы, которые влияют на эксплуатационные характеристики насоса (по данным исследования компании Barringer & Associates – «Методы эксплуатации и обслуживания насосов»)



Любой насос должен работать в рамках параметров технической характеристики (часто эти параметры приводятся в инструкции по эксплуатации и паспорте, которые составляет изготовитель насоса). Как упоминалось выше, производительность насоса изменяется в зависимости от параметров эксплуатации. Оптимальная работа насоса обеспечивается при максимальном совпадении с «точкой оптимального КПД» (ВЕР), однако производительность 75% насосных систем завышена примерно на 30%. **Рис. 4** (на предыдущей странице) иллюстрирует потерю эффективности, которая сопровождается игнорированием надлежащего технического обслуживания. Например: если насос работает при расходе 65% от расхода ВЕР, может начаться нагнетательная рециркуляция, которая сопровождается повреждением рабочего колеса. Поврежденное рабочее колесо в значительной мере теряет эффективность.

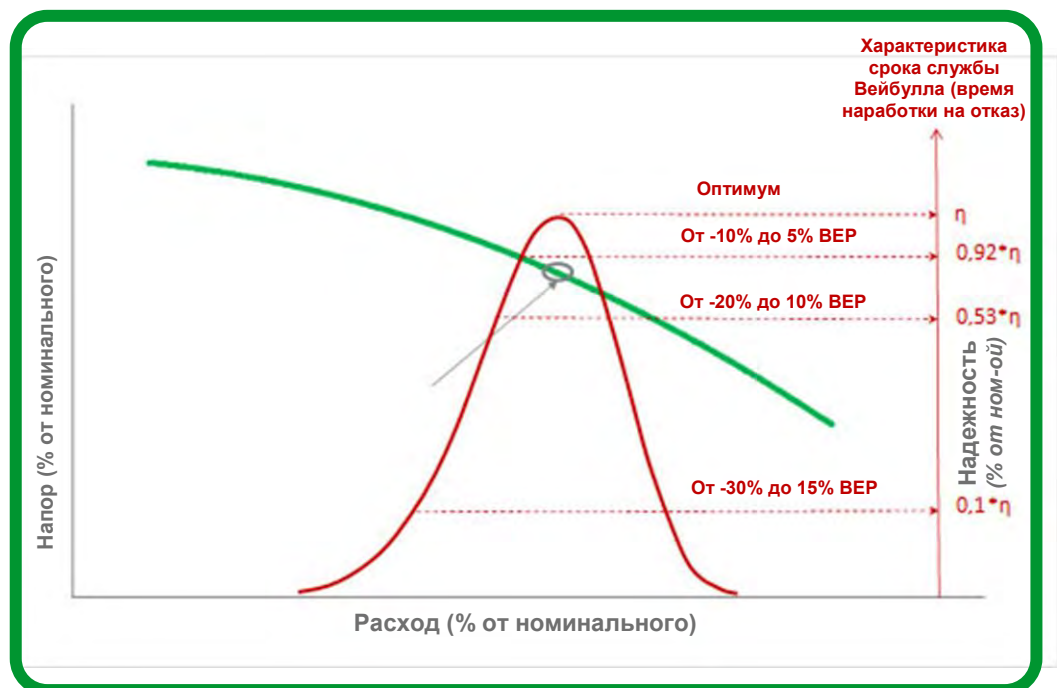
Приводы с регулируемой частотой вращения могут позволить удержать рабочую точку вблизи ВЕР, а также защитить насос от воздействия деструктивных сил, порожденных неэффективностью процесса. Следует избегать экстремальных ситуаций, таких, как работа «всухую» с малым расходом или в условиях кавитации (при малом гидравлическом напоре со стороны всасывания). В таких условиях возможен мгновенный выход насоса из строя. Мониторинг рабочих точек насоса и его эффективности позволяет получить диагностические наблюдения, которые можно использовать для прогнозирования потенциальных неисправностей в системе.

**Рис. 5** иллюстрирует снижение эффективности и рост интенсивности износа, которыми сопровождается работа со значительным отклонением от точки ВЕР. Все это приводит к снижению надежности насоса. Например: эксплуатация при расходе 60% от расхода ВЕР приводит к следующим результатам:

- сокращение срока службы уплотнений на 50%;
- сокращение срока службы подшипников на 20%;
- сокращение срока службы корпуса и крыльчатки на 25%;
- рост расходов на техническое обслуживание приблизительно на 100%.

## Рисунок 5

Влияние отклонения от точки ВЕР на надежность насоса (по данным исследования компании Barringer & Associates – «Методы эксплуатации и обслуживания насосов»)



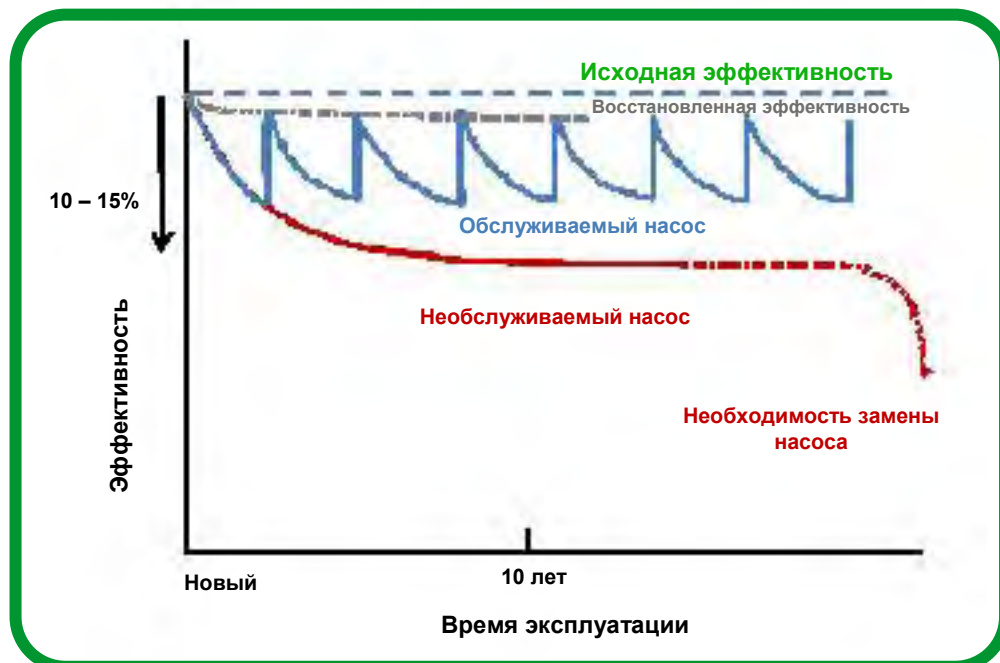
Износ неизбежен, поскольку механические компоненты насоса двигаются, а перекачиваемая жидкость воздействует на поверхности агрегата. Эрозия, порождаемая движением жидкости, усиливается при наличии суспензионной взвеси (песка или крупных частиц). Коррозия, которая возникает в результате химических и электрохимических реакций, разрушает материалы, из которых изготовлен насос. Даже обработанная питьевая вода вызывает коррозию чугунных корпусов в результате каталитического влияния бактерий. Эрозия и коррозия в основном воздействуют на трубы, рабочее колесо и корпус (то есть ключевые рабочие компоненты).



Эффективность насоса, в отношении которого не проводится техническое обслуживание, понижается на 10–15% (см. **рис. 6**). Характерно, что основная потеря эффективности происходит в первые несколько лет службы насоса. Регулярное техническое обслуживание позволяет избежать снижения эффективности и мощности, которые могут проявиться еще до того, как насос выйдет из строя.

## Рисунок 6

Сравнение тенденций в отношении износа для насосов, обслуживаемых регулярно и не обслуживаемых совсем (по данным университета ETSU – «Экономия энергии в промышленных водонасосных системах»)



Некоторые факторы, негативно влияющие на эксплуатацию насосов, можно увидеть. Другие – невидимы. Например: износ уплотнения можно заметить. Гидравлический износ незаметен. Неисправность, которую невозможно заметить, возникает задолго до того, как ее удастся выявить. Это создает ситуацию, требующую внепланового технического обслуживания. Кроме того, неисправность может распространиться на другие компоненты насоса.

## Методики технического обслуживания

Существует ряд методов, которые помогают экономически эффективно организовать процесс технического обслуживания. Профилактическое техническое обслуживание заключается в систематическом обследовании оборудования с целью обнаружения потенциальных неисправностей до их фактического проявления. Техническое обслуживание с учетом состояния является одним из видов профилактического обслуживания, при котором осуществляется оценка и экстраполяция состояния оборудования на определенный промежуток времени, с использованием вероятностных формул для оценки риска внеплановых простоев. Внеплановое техническое обслуживание – это реагирование на проявление непредвиденных неисправностей или аварий.

**Рис. 7** иллюстрирует кривые затрат для трех типов технического обслуживания. Техническое обслуживание с учетом состояния – экономически наиболее эффективный из трех методов.

При техническом обслуживании с учетом состояния, на постоянной основе осуществляется мониторинг системных данных и обеспечивается точная оценка технического состояния компонентов, устройств и (или) системы в целом.

Применительно к насосам контролируются такие переменные, как давление всасывания, давление нагнетания, обороты насоса, мощность, расход и температура. Наблюдение за этими параметрами позволяет своевременно обнаруживать снижение эффективности. Выявлять потенциальные неисправности можно за счет сопоставления показателей эффективности и параметров технологического процесса.

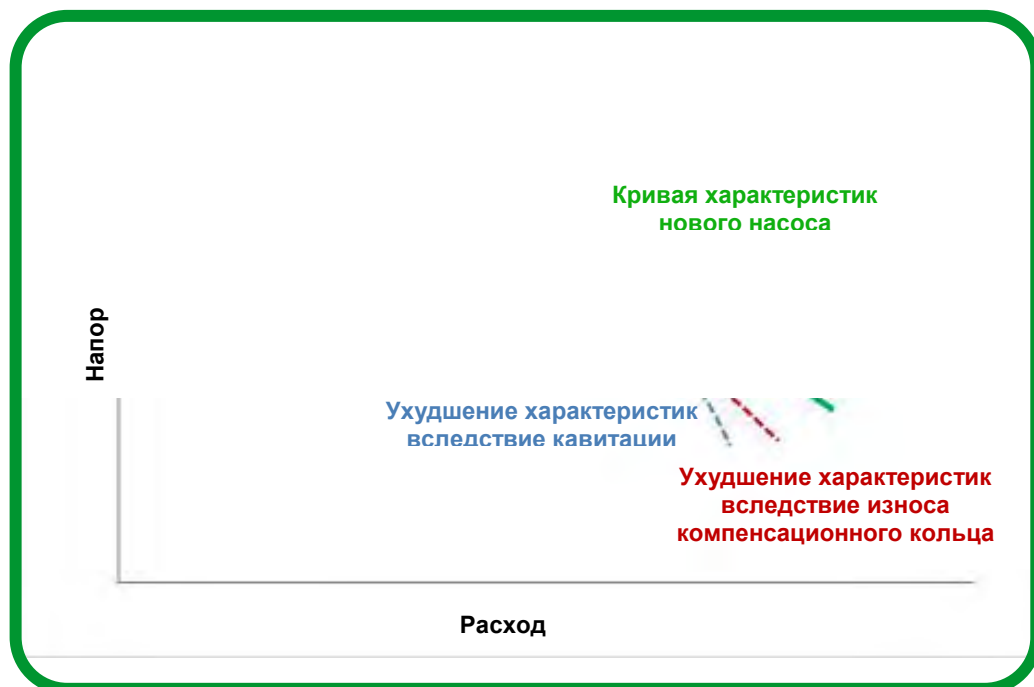
### Рисунок 7

Кривые затрат для различных методик технического обслуживания (по данным исследования лаборатории Applied Research Laboratory университета Пенсильвании – «Архитектура открытых систем для технического



### Рисунок 8

Сравнение графика параметров изношенного насоса с графиком параметров нового насоса



## Трубопроводы

Являясь частью насосной системы, трубопроводы подвергаются влиянию таких явлений, как превышение давления, утечки или разрывы труб. Превышение давления может быть следствием ненадлежащего управления насосом. Не исключается возникновение так называемых «гидравлических ударов». Гидравлический удар происходит под воздействием перепада давления или ударной волны, которая распространяется по трубам при резкой остановке жидкостного потока. Резкого ускорения и замедления вала электродвигателя можно избежать за счет применения привода с регулируемой частотой вращения (это позволяет купировать скачкообразное изменение скорости потока). Интенсивность утечки также можно сократить за счет автоматической коррекции давления (если это допустимо).

## Электродвигатели

Защита от колебаний напряжения и частоты сетевого электропитания способствует сохранению целостности и продлению срока службы электродвигателей. Если электродвигатели оснащаются приводами с регулируемой частотой вращения, такие электрические помехи на электродвигатель не передаются.

Защита от превышения температуры также способствует продлению срока службы электродвигателей. Такие устройства, как тепловые реле, термодатчики РТС или РТ100, могут использоваться в составе приводов с регулируемой частотой вращения.

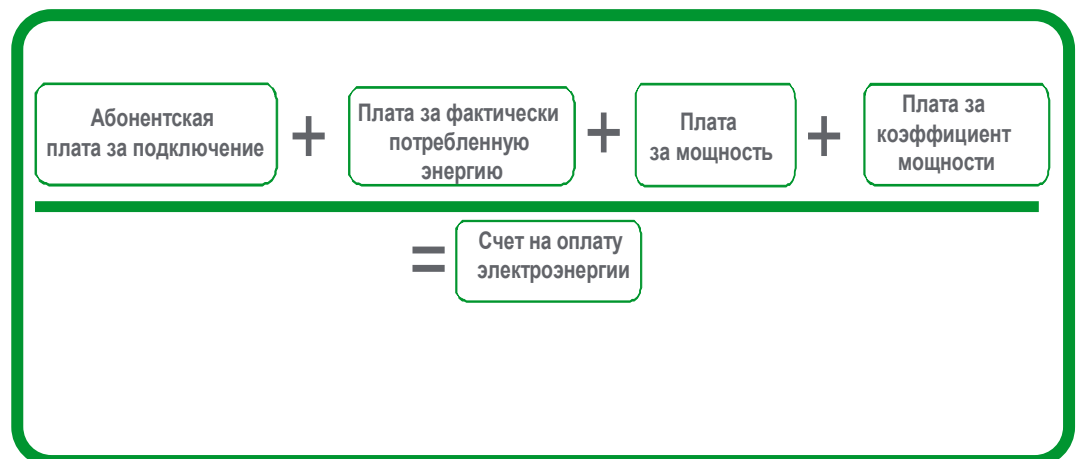
Если для соединения электродвигателей и приводов с регулируемой частотой вращения используются длинные кабели, рекомендуется устанавливать фильтры для того, чтобы избежать быстрого нарастания напряжения ( $dv/dt$ ) и скачков напряжения (см. научно-информационную статью Schneider Electric «Усовершенствованная методика соединения приводов VSD с электродвигателями», в которой эта тема раскрыта полнее). Примечание: для погружных скважинных насосов рекомендуется согласовать размах напряжения и параметр  $dv/dt$  на выводах электродвигателя с поставщиком насосного агрегата.

Владельцы зданий, операторы водопроводных, водоотводных установок и предприятий нефтегазового комплекса получают счета за коммунальные услуги, в которых содержатся различные компоненты. Сюда могут входить: плата за мощность, плата за потребляемую энергию, плата за период использования энергии, пеня за превышение максимума месячной нагрузки, коррекция с учетом цен на топливо, плата за недостаточность коэффициента мощности, сборы за обслуживание клиентов, а также национальные, региональные и местные налоги. Неправильная интерпретация структуры коммунальных тарифов может привести к ослаблению контроля за потреблением электроэнергии и повышению расходов.

## Шаг 3. Контроль затрат на электроэнергию

### Рисунок 9

Базовые элементы  
типичного  
промышленного счета  
за электроэнергию



Ниже приведены наиболее распространенные термины.

**Абонентская плата за подключение** – это фиксированная плата, размер которой зависит от класса подключения, связывающего промышленную установку с электросетевой компанией. Плата за подключение рассчитывается в соответствии с ожидаемым диапазоном потребления мощности, а также ценой фактически потребляемой мощности. Оба этих элемента зависят от типа договора, заключенного между компанией-потребителем энергии и электросетевой компанией.

**Плата за фактически потребленную энергию** – размер этой платы зависит от количества израсходованной активной энергии, суммированной за определенный период времени. Количество расцениваемых киловатт-часов (кВт·ч) зависит от длительности периода времени, в течение которого расходовалась энергия, а также от типа этого периода («пиковые» или «непиковые» часы).

**Плата за мощность** – этот вид оплаты рассчитывается по наивысшей средней мощности, потребляемой за любой 15-минутный период времени в пределах месячного интервала, отслеживаемого электросетевой компанией. Полученное значение умножается на тариф оплаты за мощность. В результате формируется сумма платы за мощность, которая и отражается в счете за электроэнергию. Это означает, что с потребителя взимается оплата за пиковый спрос, даже если это случилось всего один раз за месяц.

**Плата за недостаточность коэффициента мощности** – коэффициент мощности представляет собой соотношение между активной мощностью (которая используется для выполнения работы) и полной мощностью (которая потенциально может быть использована для выполнения работы). Это означает, что определенная часть мощности, которая поставляется электросетевой компанией на производственную площадку, не отражается в счете (так как не используется для выполнения работы). Если коэффициент мощности меньше указанного в договоре значения (скажем, около 0,9), то с потребителя берется плата за недостаточность коэффициента мощности (за реактивную мощность). Коэффициент мощности различных видов оборудования и устройств составляет меньше 1: это электродвигатели, индукционные печи, трансформаторы, приводы с регулируемой частотой вращения, компьютеры, люминесцентные светильники.

## Гармонические колебания

Промышленные объекты могут быть оштрафованы электросетевой компанией в том случае, если электронное оборудование предприятия генерирует чрезмерное количество гармонических колебаний (электронных помех), возвращая их в сеть.

Подробное разъяснение по этому вопросу приведено в научно-информационной статье Schneider Electric под заголовком «Сокращение эксплуатационных затрат за счет нейтрализации гармонических колебаний в промышленных условиях».

## Передовой опыт по снижению расходов на электроэнергию путем работы со счетами

Сумму оплаты за электроэнергию можно уменьшить путем реализации перечисленных ниже простых мероприятий.

- Найдите и пересмотрите договоры с электросетевой компанией, чтобы осмыслить структуру оплаты и обдумать методы ее сокращения. До 10% экономии без каких-либо капитальных вложений можно добиться при поддержке специалиста компании по управлению электропитанием.
- По возможности сместите период использования электроэнергии с пиковых часов на непиковые часы (например, пересмотрев график операций по работе с емкостным парком и перекачке жидкостей).
- Уменьшите ежемесячный пик спроса в целях снижения платы за мощность. В большинстве случаев (75%) мощность установок избыточна. Приводы с регулируемой частотой вращения, применение которых может сократить потребность в электроэнергии на 20%, являются технологией, которая позволяет организации согласовать производительность установки с требованиями технологического процесса.
- Плата за недостаточность коэффициента мощности, которая является следствием использования электродвигателей и требует нейтрализации гармонических колебаний при значении коэффициента нелинейных искажений 48% для 80% номинальной нагрузки, можно сократить за счет оснащения насосов приводами с регулируемой частотой вращения.
- Сократите количество энергии, которая потребляется, но не способствует получению дохода. Активная борьба с утечками позволит значительно сократить эксплуатационные расходы.

## Заключение

За счет использования передового опыта в сферах управления эффективностью энергопотребления, управления активами и контроля затрат на электроэнергию, можно сократить совокупную стоимость владения для насосных систем на 20 %. Одно простое технологическое решение, приводы с регулируемой частотой вращения с встроенными функциями управления электропитанием, может послужить одним из основных средств обеспечения целевых показателей ТСО.

Приводы с регулируемой частотой вращения позволяют реализовать различные меры, необходимые для осуществления эффективного плана управления электропитанием. К таким мерам относятся: применение технологических решений, повышающих эффективность энергопотребления, внедрение методики технического обслуживания с учетом состояния и оптимизация затрат на электроэнергию. Согласование насосных технологических процессов с использованием энергетических систем позволяет повысить эффективность бизнеса за счет совершенствования управления электропитанием.

Те организации, которые недостаточно подготовлены к запуску программы повышения эффективности энергопотребления, должны обращаться к услугам экспертов в этой области. В противном случае создается опасность возникновения внеплановых простоев, производственных потерь и избыточных затрат.

Для обеспечения должной операционной устойчивости организации должны действовать быстро, чтобы оценить существующие программы и приступить к формированию операционной методологии, направленной на повышение эффективности энергопотребления.



### Об авторах

**Лайонелл Гаудрел** является менеджером по стратегическому маркетингу Schneider Electric в управлении «Промышленность». Он имеет степень бакалавра в области электротехники и степень магистра от бизнес-школы EMLyон. Лайонелл обладает более чем 20-летним опытом работы в области промышленного производства и имеет патент в сфере автоматизации приводов с регулируемой частотой вращения.

**Арно Саврè** работает экспертом по реализации предложений в Управлении «Промышленность» компании Schneider Electric. Он является аспирантом в области электроники и автоматики в Университете Руана (Франция). Арно применял свои инженерные знания при реализации многих проектов в сфере автоматизации производства.