
МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СОВЕТ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ, МЕТРОЛОГИИ И СЕРТИФИКАЦИИ
(МГС)

INTERSTATE COUNCIL FOR STANDARDIZATION, METROLOGY AND CERTIFICATION
(ISC)

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ
СТАНДАРТ

ГОСТ ____-201_
(ISO/ASME
14414:2015)

ОЦЕНКА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ НАСОСНЫХ СИСТЕМ

(ISO/ASME 14414:2015, MOD)

Настоящий проект стандарта
не подлежит применению до его принятия



Москва
Стандартинформ
201_

Предисловие

Цели, основные принципы и основной порядок проведения работ по межгосударственной стандартизации установлены в ГОСТ 1.0–92 «Межгосударственная система стандартизации. Основные положения» и ГОСТ 1.2–2009 «Межгосударственная система стандартизации. Стандарты межгосударственные, правила и рекомендации по межгосударственной стандартизации. Правила разработки, принятия, применения, обновления и отмены»

Сведения о стандарте

1 ПОДГОТОВЛЕН Российской ассоциацией производителей насосов (РАПН) на основе официального перевода на русский язык англоязычной версии стандарта, указанного в пункте 5

2 ВНЕСЕН Межгосударственным техническим комитетом по стандартизации МТК 245 «Насосы»

3 ПРИНЯТ Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол от _____ № _____)

За принятие проголосовали:

Краткое наименование страны по МК (ИСО 3166) 004–97	Код страны по МК (ИСО 3166) 004–97	Сокращенное наименование национального органа по стандартизации
Армения	AM	Минэкономики Республики Армения
Беларусь	BY	Госстандарт Республики Беларусь
Казахстан	KZ	Госстандарт Республики Казахстан
Киргизия	KG	Кыргызстандарт

4 Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от _____ г. № _____ межгосударственный стандарт ГОСТ (ISO/ASME 14414–201_) введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с _____ 201_ г.

5 Настоящий стандарт модифицирован по отношению к международному стандарту ISO/ASME 14414:2015 «Оценка энергоэффективности насосных систем» (ISO/ASME 14414:2015 Pumping system energy assessment, MOD) путем исключения методов и примеров расчета показателей энергоэффективности применительно к американской системе физических единиц измерения.

Международный стандарт разработан техническим комитетом по стандартизации ISO/TC 115 «Насосы» Международной организации по стандартизации (ISO).

Перевод с английского языка – (en).

Официальные экземпляры международного стандарта, на основе которого подготовлен настоящий межгосударственный стандарт, и международных стандартов, на которые даны ссылки, имеются в Федеральном агентстве по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт).

Ссылки на международные стандарты, которые не приняты в качестве межгосударственных стандартов, действуют до момента принятия соответствующих межгосударственных стандартов.

Информация о соответствии ссылочных международных стандартов и других аналогичных (межгосударственных и национальных) стандартов в приложении ДА.

Степень соответствия – модифицированная (MOD).

6 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

ГОСТ (проект RU, первая редакция)

Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном информационном указателе «Национальные стандарты», а текст изменений и поправок – в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования – на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет

© Стандартиформ, 201_

В Российской Федерации настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

Введение

- 1 Область применения
- 2 Нормативные ссылки
- 3 Термины и определения
- 4 Определение полномочий и функций экспертной группы по оценке
 - 4.1 Определение функций экспертной группы по оценке
 - 4.2 Структура, иерархия и квалификация участников экспертной группы
 - 4.3 Содействие со стороны руководства предприятия
 - 4.4 Обмен информацией
 - 4.5 Доступ к производственным объектам, персоналу и информации
 - 4.6 Цели, объем и границы оценки
 - 4.7 План действий
 - 4.8 Сбор и оценка исходных данных
 - 4.9 Проверка поставленных задач
- 5 Выполнение оценки
 - 5.1 Уровни оценки
 - 5.2 Сквозной контроль
 - 5.3 Понимание функциональных потребностей системы
 - 5.4 Определение границ системы и показателей энергопотребления
 - 5.5 Информация, необходимая для оценки эффективности насосной системы
 - 5.6 Сбор данных

ГОСТ (проект RU, первая редакция)

5.7 Перекрёстная проверка

5.8 Заключительное совещание и представление предварительных результатов и рекомендаций

6 Отчеты и документация

6.1 Окончательный отчет по результатам оценки

6.2 Данные для проверки третьей стороной

6.3 Проверка окончательного отчета

Приложение А (обязательное) Содержание отчета

Приложение Б (справочное) Рекомендации по эффективной работе системы и снижению энергопотребления – Примеры

Приложение В (справочное) Квалификация, опыт и профессиональные навыки

Приложение Г (справочное) Рекомендации по программному обеспечению для анализа

Приложение Д (справочное) Пример рабочей таблицы данных предварительного отбора

Приложение Е (справочное) Удельная энергия

Приложение Ж (справочное) Разрушающая мощность насосной системы

Приложение З (справочное) Пример показателя эффективности насосной системы

Библиография

Введение

Во многих отраслях промышленности, на долю насосного оборудования приходится значительная часть электроэнергии, потребляемой предприятием. В подавляющем большинстве насосных систем, энергия, которая воздействует на рабочую среду, намного выше фактически необходимой энергии. Избыточная энергия, приложенная к системе (например, в результате дросселирования регулирующей задвижки), приводит к повышенному тепло- и шумообразованию, избыточной вибрации и увеличению расходов на техническое обслуживание оборудования. Кроме того, довольно часто воздействие избыточной энергии на систему является причиной завышения размеров элементов насосной системы, в частности, насосов, технологических компонентов, регулирующей арматуры, а это, в свою очередь, приводит к увеличению капитальных расходов на оборудование.

Данный межгосударственный стандарт предлагает метод оценки насосных систем с целью определения вариантов снижения энергопотребления и повышения надежности насосных систем. В стандарте представлено общее определение оценки, как с точки зрения применения результатов оценки, так и с точки зрения ее выполнения. Данный стандарт призван внести ясность в различные виды работ, такие как оценка энергоэффективности, энергетический аудит, обследование и изучение.

Во всех случаях системы (логические энергопотребляющие группы оборудования, организованные для выполнения определенной функции) анализируются с применением различных методов, таких как измерение, последующая идентификация, документальное оформление и расстановка приоритетов среди вариантов улучшения производительности.

При заключении договоров на оказание услуг по оценке, персонал предприятий может использовать данный международный стандарт для определения и согласования необходимого объема работ по оценке с подрядчиками или консультантами.

Данный стандарт призван внести вклад в снижение энергопотребления и, как

ГОСТ (проект RU, первая редакция)

следствие, в снижение объёмов выбросов углерода в атмосферу.

В данный стандарт включены: требования к минимальному содержанию отчета по результатам оценки – Приложение А; примеры оптимальной работы системы с точки зрения энергоэффективности и варианты снижения энергопотребления – Приложение Б; требования к уровню квалификации и опыта, которые необходимы для проведения аудита – Приложение В; методические требования к программному обеспечению для выполнения анализа – Приложение Г; пример рабочей таблицы данных предварительного отбора – Приложение Д; данные по удельной энергии – Приложение Е; определение понятия «паразитная мощность» - Приложение Ж; пример показателя эффективности насосной системы – Приложение З.

Исходный международный стандарт, на основе которого был разработан разработан данный межгосударственный стандарт, учитывает требования стандартов ISO 50001, ISO 50002 и ISO 50003.

СИСТЕМЫ НАСОСНЫЕ

Оценка энергоэффективности

Pumping systems. Assessment of energy effectiveness

Дата введения – 201_ _ _

1 Область применения

Данный межгосударственный стандарт устанавливает требования к выполнению и последующему оформлению результатов оценки энергоэффективности насосных систем (тут и далее – «оценка»), которая охватывает всю насосную систему в целом, начиная от подаваемой электроэнергии и заканчивая работой, произведенной в результате её подачи.

Цель выполнения оценки энергоэффективности насосной системы – установить фактический уровень энергопотребления существующей системы и определить возможности повышения эффективности системы.

Данный стандарт устанавливает требования:

- 1) к организации и проведению оценки;
- 2) к анализу данных, полученных в ходе выполнения оценки;
- 3) к документированию и составлению отчетов по результатам оценки.

Данный межгосударственный стандарт применим к насосным системам открытого и замкнутого типа, которые, как правило, используются на промышленных предприятиях, в организациях, коммерческих структурах и на объектах инфраструктуры.

Данный стандарт в значительной мере ориентирован на насосные системы с электрическими приводами, которые преобладают на большинстве объектов, но

ГОСТ (проект RU, первая редакция)

также может быть применим к насосным системам с другими типами приводов, такими как паровые турбины и двигатели, а также ремённые приводы.

В данном стандарте:

- 1) не содержится информация относительно проектирования насосных систем;
- 2) не уточняются детальные требования к уровню квалификации и опыта лиц, которые намереваются использовать данный стандарт. В Приложении В указан комплекс знаний, которым должны обладать такие лица;
- 3) не содержатся положения относительно обучения и сертификации лиц, намеревающихся использовать данный стандарт;
- 4) не содержатся указания по реализации рекомендаций, полученных по результатам оценки, но содержатся требования к плану действий;
- 5) не указано, каким образом необходимо выполнять измерения параметров системы и проводить проверку уровня экономии энергии после выполнения рекомендаций, полученных в ходе оценки;
- 6) не указано, каким образом необходимо выполнять измерения и проводить калибровку оборудования, используемого в ходе оценки;
- 7) не указано, каким образом необходимо производить финансовый анализ или оценку затрат на выполнение рекомендаций, полученных в ходе оценки;
- 8) не указаны особые меры, которые должны быть приняты для обеспечения безопасной работы оборудования во время проведения оценки. Персонал предприятия, ответственный за нормальный режим эксплуатации оборудования, несет ответственность за обеспечение безопасной работы оборудования на этапе сбора данных в рамках выполнения оценки;
- 9) не рассматриваются аспекты защиты прав интеллектуальной собственности, конфиденциальности и безопасности.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы ссылки на следующие нормативные документы:

ГОСТ ISO 17769-1, Насосы жидкостные и установки — Основные термины, определения, количественные величины, буквенные обозначения и единицы измерения — Часть 1: Жидкостные насосы.

ГОСТ ISO 17769-2, Насосы жидкостные и установки — Основные термины, определения, количественные величины, буквенные обозначения и единицы измерения — Часть 2: Насосная система.

3. Термины и определения

Для использования настоящего документа, применимы термины и определения, представленные в ГОСТ ISO 17769-1 и ГОСТ ISO 17769-2, а также приведенные ниже.

3.1 Энергопотребление системы (system energy demand): минимальный объем энергии, необходимый насосной системе для выполнения конкретной задачи.

3.2 Компоненты (components): отдельное оборудование в составе системы.

Пример - Насос, двигатель, привод, клапан, теплообменник.

3.3 Гидравлическая энергия (hydraulic power), мощность насосной установки (water horsepower): энергия, передаваемая насосом жидкой среде.

3.4 Потребляемая электрическая мощность (electrical power input): электрическая мощность, необходимая для поддержания работы насосной системы.

3.5 Паразитная мощность (parasitic power): мощность, подаваемая на вал насоса и не используемая для перекачки жидкой среды внутри системы.

4 Определение полномочий и функций экспертной группы по оценке

4.1 Определение функций экспертной группы по оценке

Экспертная группа по оценке (тут и далее – «Экспертная группа») состоит из квалифицированных работников и должна включать представителей, которые наделены полномочиями и функциями, необходимыми для выполнения следующих задач:

- распределение ресурсов с целью:
- выделения финансирования и ресурсов, необходимых для планирования и проведения оценки;
- принятия определяющих решений по выделению ресурсов;
- осуществления контроля деятельности третьих лиц, включая подписание договоров, соглашений о неразглашении и технических заданий.
- координация, материально-техническое обеспечение и обмен информацией с целью:
- получения необходимого содействия от персонала предприятия и других лиц и организаций в ходе выполнения оценки;
- участия в формировании экспертной группы и координации доступа к необходимому персоналу, системам и оборудованию;
- организации и составления графика мероприятий; осуществления общего управления работами по оценке.

4.2 Структура, иерархия и квалификация участников экспертной группы

В состав экспертной группы должен быть включен персонал с различной специализацией. В частности, в группе должны быть представлены:

- эксперт по анализу насосных систем, квалификация которого отвечает требованиям, указанным в Приложении В;

- представитель принимающей организации, который несет общую ответственность за проведение оценки и владеет правами на нее;
- эксперты по эксплуатации и технологическим процессам системы;
- эксперты по техническому обслуживанию насосной системы;
- эксперты, которые могут предоставить экспертной группе данные об издержках производства.

Экспертная группа может состоять из представителей принимающей организации, а также может быть доукомплектована сторонними исполнителями с учетом их квалификации.

Принимающая организация должна назначить руководителя экспертной группы, которым может быть как представитель принимающей организации, так и сторонний эксперт. В небольших организациях, руководителем группы может быть квалифицированный эксперт.

4.3 Содействие со стороны руководства предприятия

Руководство предприятия должно с пониманием относиться к оценке и способствовать ее выполнению.

Руководство предприятия должно дать разрешение своим сотрудникам, входящим в состав экспертной группы, на участие в выполнении оценки в необходимом объеме.

До начала проведения оценки, экспертная группа должна получить письменное согласие руководства предприятия следующим образом:

- заручиться финансированием, привлечь необходимый персонал и ресурсы;
- обсудить с персоналом предприятия значимость проводимой оценки для предприятия.

4.4 Обмен информацией

Необходимо наладить каналы обмена информацией в целях выполнения

ГОСТ (проект RU, первая редакция)

работ по оценке.

Экспертная группа должна установить четкую процедуру обмена информацией, чтобы участники группы могли своевременно обмениваться данными и информацией, включая административную информацию, данные по логистике, а также информацию по эксплуатации и техническому обслуживанию.

4.5 Доступ к производственным объектам, персоналу и информации

В ходе выполнения оценки, доступ должен быть предоставлен:

— к площадкам и насосным системам производственного объекта, если того требует процедура оценки;

— к персоналу производственного объекта (инженерам, оперативно-ремонтному персоналу и т.д.), поставщикам оборудования, подрядчикам и другим лицам, с целью получения информации, которая может быть релевантной и полезной в контексте работ по оценке и анализу данных, используемых для составления отчета;

— к другим источникам информации, таким как чертежи, инструкции по эксплуатации, паспорта изделий, ведомости технического обслуживания, протоколы испытаний, счета за коммунальные услуги, данные компьютерного мониторинга и управления, данные с электрических пультов оборудования и протоколы калибровки.

Вся информация, которая изначально признана существенной для выполнения оценки, будет получена в процессе обсуждения с квалифицированным персоналом производственного объекта.

4.6 Цели, объем и границы оценки

Общие цели и объем оценки, а также область (-и) производственного объекта и границы системы (-ем), подлежащие оценке, будут согласованы экспертной группой на начальном этапе оценки.

Экспертная группа должна разработать список определенных целей по каждой насосной системе для изучения возможности повышения производительности такой

системы.

4.7 План действий

4.7.1 Общие положения

План действий по выполнению оценки должен быть совместно разработан и согласован экспертной группой и владельцами системы, дабы способствовать проведению оценки в целом и информированию всех участников экспертной группы об особенностях ее проведения.

Такой план должен иметь гибкую структуру и предусматривать различные варианты развития событий в зависимости от результатов, получаемых в ходе оценки. Такой план должен:

- 1) устанавливать информационные цели, в частности:
 - определять границы системы (см. п. 5.4);
 - содержать анализ информации, которая была собрана до начала выполнения оценки;
 - включать всю информация по системе, которая уже имеется на текущий момент и которую еще необходимо получить;
 - начинаться с оценки 1 уровня (см. п. 5.1.2);
- 2) определять информационные цели оценки (см. п. 5.1):
 - определять масштаб предстоящей оценки;
 - определять системы, подлежащие оценке;
 - определять доступную и необходимую для получения информацию;
 - определять информацию, которая доступна на бумажных носителях (пример, журналы событий) или в компьютерной системе предприятия, а также параметры системы, которые необходимо измерить;
 - определять ответственных за сбор необходимых данных;

ГОСТ (проект RU, первая редакция)

3) устанавливать требования к измерениям (см. п. 5.6), в частности:

— определять, достаточно ли зафиксировать состояние в определенный момент времени (уровень 2 согласно Таблице 1), или же необходимо выполнять сбор информации в течение длительного периода времени (уровень 3 согласно Таблице 2);

— определять доступность и надежность стационарного измерительного оборудования;

4) определять дополнительные информационные задачи, в частности определение фактических потребностей технологического процесса (см. п. 5.4);

5) определять методы достижения поставленных информационных задач:

— определять методы анализа полученных данных, принимая во внимание рекомендации, приведенные в Приложении Б;

— определять инструменты/программное обеспечение, которые будут использоваться;

6) определять содержание отчета и распределение обязанностей.

4.7.2 Разработка графика работ по оценке

График выполнения оценки, а также даты и время проведения ключевых совещаний будут согласованы заранее до начала работ по оценке.

В рамках совещаний по оценке предусмотрены следующие мероприятия:

— установочное совещание. Проводится непосредственно перед началом выполнения работ по оценке. Целью такого совещания является согласование информации, которая должна быть получена в ходе работ по сбору и оценке исходных данных (см. п. 4.8), и утверждение графика работ. В ходе такого совещания, экспертная группа должна обсудить протоколы по технике безопасности, используемые инструменты, методы, необходимое измерительное, регистрирующее и диагностическое оборудование;

- составление ежедневного графика (-ов) проведения оценки на объекте;
- предоставление периодических докладов руководству предприятия в формате обсуждения будет производиться по согласованию с экспертной группой;
- заключительная встреча по завершении работ на объекте. Проводится для оглашения результатов оценки и предоставления первичных рекомендаций (см. п. 5.8).

Экспертная группа должна корректировать план действий с учетом возможных форс-мажоров, которые возникли, или могут возникнуть в ходе выполнения оценки (например, отказ автоматизированной системы учета данных).

4.8 Сбор и оценка исходных данных

4.8.1 Общие положения

Перед началом работ по оценке, необходимо произвести сбор исходных данных. С целью ускорения процесса, допускается использование предварительно полученных данных.

П р и м е ч а н и е – Данная информация будет использоваться на всех этапах оценки.

4.8.2 Первичный опрос специалистов предприятия

Экспертная группа должна получить от персонала и сотрудников предприятия всю информацию о технологических режимах и любых других рабочих аспектах, которые оказывают воздействие на энергопотребление оборудования.

Кроме того, экспертная группа должна иметь доступ к персоналу предприятия, который разбирается в сопряженных системах, на которых могут, так или иначе, сказаться изменения, внесенные в насосную систему.

4.8.3 Данные по предыдущим энергосберегающим проектам

Экспертная группа должна собрать и изучить данные по всем энергосберегающим проектам, оценкам, аудитам, обоснованиям или анализам эффективности системы, которые ранее выполнялись в отношении насосной системы, подлежащей оценке.

4.8.4 Стоимость энергоресурсов

Экспертная группа должна собрать все данные по стоимости, включая стоимость одного кВт-ч, а также все аналогичные показатели, учитывая все статьи расходов, такие как плата за потребляемую мощность, тарифы на электроэнергию в часы максимума нагрузки, почасовые тарифы на электроэнергию и другие расходы на электрификацию системы. При необходимости, соответствующие расходы должны быть отнесены в счет электроэнергии, выработанной на предприятии. Данные показатели должны быть использованы для последующего анализа. В случае выработки электроэнергии на предприятии, должны учитываться устранимые затраты и потенциальные расходы на реализацию.

Экспертная группа должна установить период, в течение которого указанные тарифы будут считаться действительными.

Помимо этого, для оценки общей картины, экспертная группа должна также учитывать такие показатели как плата за мощность и тенденция изменения спроса, которые не отображаются в средних показателях.

С помощью указанной выше информации, экспертная группа должна определить среднегодовую стоимость одного кВт-ч за последние 12 месяцев.

В случае если на предприятии приняты предельные издержки на электроэнергию, их показатели могут использоваться при расчете сокращения затрат на электроэнергию.

4.8.5 Исходные данные по системе

Экспертная группа должна:

- дать определение функциональным требованиям системы (-тем);
- выявить оборудование с наиболее высокими показателями энергопотребления;
- выявить системы с дроссельным регулированием;
- выявить системы с высоким, низким или с отрицательным статическим напором;

- выявить неэффективные устройства (имеющие очевидные признаки поломки или неправильного срабатывания);
- выявить системы с самым низким показателем средней наработки на отказ, что, как правило, свидетельствует о низкой эффективности системы (см. Приложение Е и Ж);
- выявить системы с низким энергопотреблением, которые имеют существенное влияние на безотказность и эффективность предприятия. Все такие системы должны быть учтены, но не из-за количества потребляемой ими электроэнергии, а в виду их влияния на эффективность всего предприятия.

4.9 Проверка поставленных задач

Прежде чем начинать оценку, экспертная группа должна убедиться в том, что разработанный план действий по оценке соответствует поставленным задачам.

План действий и задачи оценки должны быть рассмотрены с точки зрения важности, эффективности затрат и способности произвести желаемые результаты.

5 Выполнение оценки

5.1 Уровни оценки

5.1.1 Общие положения

В зависимости от потребностей принимающей организации, необходимо выбрать один или несколько уровней оценки из тех, которые приведены в Таблице 1.

ГОСТ (проект RU, первая редакция)

Мероприятия	Уровень оценки 1	Уровень оценки 2	Уровень оценки 3
Оценка возможности предварительного отбора	Обязательно	Обязательно	Обязательно
Сквозной контроль	Опционально	Обязательно	Обязательно
Выявление систем с потенциалом повышения энергоэффективности	Обязательно	Обязательно	Обязательно
Оценка систем с потенциалом повышения энергоэффективности	Опционально	Обязательно	Обязательно
Измерение эксплуатационных параметров в одном стандартном режиме эксплуатации	Опционально	Обязательно	Обязательно
Выполнение замеров/регистрации данных для систем с переменными режимами работы	Не применимо	Не применимо	Обязательно

Примечания:

1. Оценка 1 уровня представляет собой качественное исследование с возможным присутствием количественных элементов. Проводится с целью выявления возможностей значительной экономии электроэнергии на основании последующей оценки, а также для выявления конкретных систем, заслуживающих наибольшего внимания.

2. Оценка 2 уровня представляет собой количественное исследование. Проводится с целью определения количества потребляемой энергии и возможностей энергосбережения, основываясь на измерении эксплуатационных параметров в одном стандартном режиме эксплуатации, для которого предусматривается один набор единиц измерения.

3. Оценка 3 уровня представляет собой количественное исследование, в ходе которого принимаются во внимание потребности системы с переменными режимами работы. Мониторинг системы проводится в течение периода, длительность которого позволяет зафиксировать различные режимы эксплуатации, для каждого из которых предусматриваются разные наборы единиц измерения.

В зависимости от уровня оценки, сбор данных должен выполняться в соответствии с Таблицей 2.

5.1.2 Оценка 1 уровня

Оценка 1 уровня должна включать сбор информации о насосных системах, подлежащих рассмотрению в рамках выполнения оценки.

Оценка 1 уровня должна начинаться с предварительного отбора.

В ходе предварительного отбора устанавливаются методы управления, применимые в различных системах. Необходимо определить, какая система наилучшим образом подходит для более детального рассмотрения. Кроме того, необходимо выяснить, могут ли изменения, внесенные в насосную систему, повлиять на остальные системы, что накладывает определенные ограничения на возможные методы оптимизации насосной системы.

В ходе Оценки 1 уровня необходимо собрать максимально возможное количество информации.

Доступность на предприятии некоторых видов данных (см. п. 5.5) необходимо зафиксировать в ходе оценки 1 уровня, даже если такие данные не были получены.

Для удобства выполнения предварительного отбора, рекомендуется использовать рабочую таблицу. В Приложении Д приведена форма стандартной рабочей таблицы данных предварительного отбора, которая используется для удобства сбора данных.

В целом, предварительный отбор предусматривает следующие действия:

- 1) сортировка по размеру привода, годовой наработке и примерной стоимости энергоресурсов;
- 2) контроль работы центробежных насосов на фиксированных оборотах;

ГОСТ (проект RU, первая редакция)

- 3) контроль работы насосных систем, которые используют дросселирование и контур рециркуляции для контроля расхода жидкости;
- 4) выявление признаков потери энергии, например большой разницы между показателями подачи и потребления, что, как правило, вызвано дросселированием задвижек и расходом в контуре рециркуляции (см. п. 5.5.5);
- 5) выявление неэффективных насосных систем с помощью опроса оперативно-ремонтного персонала и проверки ведомостей технического обслуживания;
- 6) выбор для оценки тех систем, которые имеют наиболее выраженный энергосберегающий потенциал.

На основании приведенной выше информации, экспертная группа должна оценить энергосберегающий потенциал каждой системы и выбрать те из них, которые соответствуют критериям для проведения оценок уровня 2 и 3.

5.1.3 Оценка 2 уровня

Оценка 2 уровня должна проводиться в том случае, когда очевидно, что зафиксированные эксплуатационные параметры являются показательными для работы системы, а изменения таких параметров являются незначительными или несущественными.

Оценка 2 уровня должна проводиться с использованием данных, полученных из информационной системы предприятия, данных на бумажных или электронных носителях, а также данных, полученных с помощью портативных измерительных приборов. Замеры производятся в течение ограниченного промежутка времени для фиксирования эксплуатационных параметров непосредственно в момент замера.

5.1.4 Оценка 3 уровня

Оценка 3 уровня проводится для насосных систем с переменными режимами работы. При оценке таких систем, экспертная группа должна фиксировать эксплуатационные параметры системы за определенный период либо снимать показатели в предельных рабочих точках. Данные мероприятия предусматривают

ГОСТ (проект RU, первая редакция)

более широкий контроль на объекте, что позволяет убедиться в точной фиксации эксплуатационных параметров в различных рабочих точках (например, в расчетном режиме, в нормальном режиме, в режимах номинального, максимального и минимального расхода). Мониторинг выполняется путем подсоединения датчика к оборудованию для автоматической регистрации параметров и считывания выходного сигнала датчика. В случае если на предприятии организована система хранения информации об истекших периодах, необходимая информация может быть загружена из информационной системы предприятия.

Таблица 2 Обязательные и опциональные данные для оценки 1, 2 и 3 уровней

Информация о системе	Оценка 1	Оценка 2	Оценка 3
Описание предприятия	Обязательно	Обязательно	Обязательно

ГОСТ (проект RU, первая редакция)

<p>Инвентаризационная опись насосной системы (предоставляется до начала выполнения оценки), которая соответствует параметрам предварительного отбора</p> <ul style="list-style-type: none"> - перечень насосов; - описание насосов (с указанием перекачиваемой среды); - тип насоса; - область применения насоса; - физическое местоположение насоса; - данные по установленному двигателю (номинальная мощность, напряжение, частота и ток при максимальной нагрузке); - годовой фонд рабочего времени (или % рабочего времени); - способ управления, например, регулирующая задвижка, частотно-регулируемый привод, байпасная линия. 	Обязательно	Обязательно	Обязательно
<p>Эксплуатационные параметры (включая расход и давление)</p>	Опционально	Обязательно	Обязательно
<p>Кривая (-ые) характеристик насоса</p>	Опционально	Обязательно	Обязательно
<p>Расчётный режим</p>	Опционально	Обязательно	Обязательно
<p>Кавитация в насосе или в системе</p>	Опционально	Обязательно	Обязательно
<p>Уровень технического обслуживания</p>	Опционально	Обязательно	Обязательно

Данные по оборудованию (тип, продолжительность эксплуатации, распределенная нагрузка и напряжение)	Опционально	Обязательно	Обязательно
Стандартные уровни расхода и их колебания	Опционально	Обязательно	Обязательно
Графики нагрузки по продолжительности	Опционально	Обязательно	Обязательно
Гистограммы	Опционально	Обязательно	Обязательно
Расходы на техническое обслуживание	Опционально	Обязательно	Обязательно
Схема трубопроводов и КИПиА/скриншоты цифровой системы управления	Опционально	Обязательно	Обязательно
Характеристики любой другой системы привода (например, паротурбинного привода)	Опционально	Обязательно	Обязательно

5.2 Сквозной контроль

Сквозной контроль необходим для оценки уровней 2 и 3, а также может быть необходим для некоторых насосных систем, проходящих оценку 1 уровня.

Сквозной контроль подразумевает проведение тщательной проверки, дабы удостовериться, что информация, предоставленная экспертной группе, отображает фактические параметры проверяемой системы.

После проведения сквозного контроля для систем, проходящих оценки 2 и 3 уровней, необходимо произвести сбор данных, указанных в пункте 5.5., используя приведенные в пункте 5.6. методы.

Необходимо учитывать все элементы системы и принимать во внимание всю

ГОСТ (проект RU, первая редакция)

релевантную информацию, такую как расположение клапанов, доступных точек отбора давления, расходомеров, запорной арматуры и т.д.

Экспертная группа должна обращать внимание на любые параметры, которые, как правило, свидетельствуют о неэффективности насосной системы.

Такие параметры могут быть выявлены по следующим признакам:

- 1) насосные системы с чрезмерным дросселированием ¹;
- 2) насосные системы, где в качестве управления используется контур рециркуляции;
- 3) насосные системы со значительным расходом или колебаниями давления;
- 4) системы с несколькими насосами, в которых количество работающих насосов не регулируется в ответ на изменение потребностей системы;
- 5) системы, обслуживающие несколько конечных потребителей, где наименьший потребитель устанавливает требования к давлению ¹;
- 6) кавитация в насосе ¹;
- 7) насосы, двигатели или трубопроводы с высоким уровнем вибрации и/или шума ¹;
- 8) оборудование с высокими требованиями по техническому обслуживанию (с низким показателем времени наработки на отказ) ¹;
- 9) системы, в которых при изменении функциональных требований не была произведена замена насосов;
- 10) изношенные, поврежденные, заржавелые, деформированные или поломанные рабочие колеса/ направляющие аппараты/лопасти, изношенные кольца и корпуса (по возможности, такая информация должна быть предоставлена персоналом предприятия);
- 11) засоренные трубопроводы или насосы (для выявления, как правило,

¹ Возможный признак избыточного уровня паразитной мощности (см. Приложение 3)

требуются данные за истекшие периоды);

12) системы, имеющие признаки низкой эффективности насосной системы (см. Приложение 3);

13) заклинивание задвижек или протечка клапанов контура рециркуляции;

14) системы уплотнений, в особенности находящиеся под высокой температурой и требующие охлаждения (см. п. Б.4.3);

15) недостаточная фильтрация перекачиваемой жидкости на входе в насос.

5.3 Понимание функциональных потребностей системы

Экспертная группа должна определить нормальные, экстремальные и аномальные условия эксплуатации с учетом границ, в рамках которых система может функционировать, и времени действия таких условий.

В случае если требуемые точные данные не доступны и не могут быть получены от персонала предприятия, экспертная группа должна провести мониторинг работы системы в течение определенного периода, что позволит определить потребности системы.

5.4 Определение границ системы и показателей энергопотребления

Экспертная группа должна определить уровень энергопотребления и границы каждой насосной системы, проходящей оценку 2 и 3 уровней.

При оценке насосной системы необходимо учитывать общую эффективность существующей системы.

П р и м е ч а н и е – Если подсистемы входят в состав другой более масштабной системы предприятия, границы системы считаются неоднозначными и должны определяться перед началом любых замеров или расчетов.

5.5 Информация, необходимая для оценки эффективности насосной системы

5.5.1 Общие положения

ГОСТ (проект RU, первая редакция)

После выбора насосной системы для дальнейшего исследования, необходимо собрать информацию, указанную в пунктах 5.5.2-5.5.6.

Экспертная группа должна определить потребность сбора данных по каждой оцениваемой системе.

Экспертная группа должна придерживаться стандартов качества при разработке и выполнении плана проведения измерений, который представляет собой последовательный, повторяемый и воспроизводимый процесс.

План проведения измерений должен быть подчинен принципам безопасности, прозрачности и надежности.

План проведения измерений включает выполнение замеров, необходимых для получения исходных значений годового энергопотребления насосной системой. В этих целях, как правило, выполняются измерения мгновенных значений параметров расхода, давления, электрических показателей, и определяется наработка при различных условиях работы системы.

Для проверки правильности полученных данных, требуется проведение перекрёстного контроля.

5.5.2 Данные по двигателю/приводу

Исходные данные по двигателю/приводу, которые могут быть получены с заводской таблички (при ее наличии) или из паспорта изделия, включают:

- 1) частоту напряжения сети питания;
- 2) класс двигателя (номинальная мощность);
- 3) номинальные обороты двигателя;
- 4) номинальное напряжение двигателя;
- 5) ток при полной нагрузке двигателя – ток двигателя, работающего при номинальной мощности;
- 6) максимально допустимую мощность двигателя;

- 7) номинальный КПД или класс эффективности (если указан);
- 8) тип и характеристики двигателя;
- 9) тип привода (например, частотно-регулируемый привод, ремённый привод, прямой привод);
- 10) данные по техническому состоянию двигателя (например, оригинальный, перемотанный, замененный).

5.5.3 Данные по насосу

5.5.3.1 Центробежные насосы

Данные могут быть получены с заводской таблички насоса (при ее наличии) или из любой другой документации по насосу.

В случае разночтений между информацией с заводской таблички и информацией из документации, этот случай необходимо взять на контроль и вернуться к нему позже при проведении оценки системы. К необходимым данным по насосу (при их наличии) относятся:

- 1) тип и модель насоса;
- 2) название фирмы-производителя;
- 3) серийный номер;
- 4) номер заказчика;
- 5) количество ступеней;
- 6) тип привода;
- 7) номинальная частота вращения (об/мин);
- 8) расчетная точка (расход и напор);
- 9) диаметр рабочего колеса (используемый и максимальный);
- 10) характеристики насоса, при наличии, включая общий номинальный напор,

ГОСТ (проект RU, первая редакция)

расход, мощность, КПД и располагаемая высота столба жидкости;

- 11) ведомости технического обслуживания;
- 12) проблемы кавитации насоса или рециркуляции;
- 13) данные о системе уплотнения.

5.5.3.2 Поршневые насосы

Данные могут быть получены с заводской таблички насоса (при ее наличии) или из любой другой документации по насосу.

В случае разночтений между информацией с заводской таблички и информацией из документации, этот вопрос необходимо взять на контроль и вернуться к нему позже при проведении оценки системы. К необходимым данным по насосу (при их наличии) относятся:

- 1) тип и модель насоса;
- 2) название фирмы-производителя;
- 3) серийный номер;
- 4) номер заказчика;
- 5) описание насоса/номер модели;
- 6) номинальные параметры:
 - частота вращения (об/мин);
 - давление;
 - температура;
 - мощность;
- 7) данные по системе (условия эксплуатации);
- 8) настройка предохранительного клапана;

- 9) характеристики насоса;
- 10) ведомости технического обслуживания;
- 11) кавитация насоса, контур рециркуляции или другие потенциальные проблемы;
- 12) система уплотнения.

5.5.4 Данные о свойствах перекачиваемой жидкости

К данным о свойствах жидкости относятся:

- 1) название жидкости;
- 2) динамическая вязкость;
- 3) температура;
- 4) плотность;
- 5) наличие твердых частиц и их характеристики;
- 6) упругость паров при рабочем давлении и температуре;
- 7) процентное содержание свободного газа, если применимо;
- 8) взрывоопасность;
- 9) горючесть

5.5.5 Детальные данные по системе

К необходимым данным по системе относятся:

- 1) компоновочная схема насосной системы;
- 2) нестандартные условия эксплуатации;
- 3) схемы трубопроводов и КИП;
- 4) метод управления насосом:
 - частотно-регулируемый привод;

ГОСТ (проект RU, первая редакция)

- дросселирование (процент открытия дроссельной задвижки (при наличии));
- байпасная линия/линия рециркуляции;
- двухпозиционное управление (вкл/выкл);
- насосы, работающие последовательно или параллельно; распределение нагрузки;
- без управления.

Для центробежных насосов, необходимо получить следующую дополнительную информацию:

- статический напор и, по возможности, характеристики системы;
- требуемая высота столба жидкости;
- график нагрузки. Выяснить у технического персонала приблизительную наработку часов за год, сезон, неделю и день при различных показателях расхода.

Для центробежных насосов, необходимо получить следующую дополнительную информацию:

- давление на выходе;
- давление на входе;
- давление начала открытия предохранительного клапана;
- располагаемая высота столба жидкости перед входом в насос.

Для центробежных насосов, необходимо получить дополнительную информацию по располагаемой высоте столба жидкости, для поршневых насосов – по давлению на входе насоса, при необходимости.

5.5.6 Данные замеров

5.5.6.1 Электрические параметры

К необходимым электрическим параметрам относятся:

- мощность;
- фактическое напряжение и ток двигателя для расчета мощности.

5.5.6.2 Эксплуатационные параметры системы

В ходе оценки, необходимо собрать достаточное количество рабочих данных для определения направлений распределения энергии в системе. К таким данным относятся:

- показатели расхода для каждого циркуляционного контура системы;
- зафиксированные параметры;
- частота вращения (об/мин) вала насоса, если применимо;
- уставки регулирующей задвижки и положения клапанов;
- уровни и давление подпорного резервуара и сливного резервуара;
- работающее установленное оборудование.

5.6 Сбор данных

5.6.1 Данные по системе

Экспертная группа должна, по возможности, определить характеристики насосной системы. Для большинства систем, характеристики можно определить с помощью двух разных рабочих точек: статический напор при нулевом расходе и одна рабочая точка.

П р и м е ч а н и е – Характеристики системы необходимы для понимания насосной системы в целом и последствий от внесения изменений в какую-либо часть системы. В некоторых редких случаях характеристики системы определить невозможно, но, тем не менее, можно определить рабочую точку насоса.

Необходимо установить временную зависимость изменения потребностей для выполнения соответствующих измерений.

5.6.2 Измерение эксплуатационных параметров насоса и двигателя

В первую очередь необходимо измерить напор, расход, мощность и наработку.

Если насосная система работает при стабильных или незначительно переменчивых условиях эксплуатации, для оценки системы достаточно зафиксировать её эксплуатационные параметры в определенный момент времени.

Если потребности системы меняются со временем, экспертная группа должна принять решение относительно необходимости продолжительного мониторинга, а также установить временные рамки такого мониторинга, которые бы позволили зафиксировать все возможные условия эксплуатации.

Допускается использование эксплуатационных параметров, которые содержатся в системе управления предприятия или в базе данных условий эксплуатации за истекшие периоды.

Погрешности измерений и неопределенности окончательных результатов должны быть рассмотрены в ходе итогового анализа оценки.

5.6.3 Давление

Измерение давления выполняется с использованием откалиброванного измерительного оборудования, установленного в самой подходящей точке измерения, которая равняется примерно 2 диаметрам прямой трубы, на всасывающем/напорном фланце, по возможности.

Для определения эффективности насоса, замер давления должен производиться как можно ближе к насосу как со стороны всаса, так и со стороны напора.

При определении эксплуатационных параметров насоса, необходимо оценить потери напора между точками измерения напора в местах входа и выхода.

Для точного расчета напора насоса, необходимо принимать во внимание скорость потока и высоту установки измерительных приборов.

5.6.4 Расход

Для оценки эффективности насоса и системы в целом, необходимо определить расход системы. Уровни расхода измеряются при помощи измерительных приборов. Размеры таких устройств варьируются в зависимости от того, измеряется ли расход отдельного насоса или системы в целом.

Измерения выполняются откалиброванными расходомерами, должным образом установленными в системе и достоверно отображающими весь спектр измеряемых условий. Расходомеры должны быть установлены с соблюдением рекомендаций производителя. При необходимости использования портативных расходомеров, верификация измерений выполняется путем повторной установки расходомера в запасном месте установки, либо с помощью различных методов измерений. В случае выявления значительных разбросов значений, измерения должны считаться недостоверными.

Если расход определяется с помощью показателей снижения давления в элементе с известными характеристиками или с помощью графика производительности, предоставленного производителем насоса, данные должны быть приведены в соответствие с данными замеров давления и мощности. В случае сомнений относительно точности замеров, необходимо использовать различные методы измерений.

5.6.5 Входная мощность

По возможности, входная мощность должна определяться с помощью прямого замера посредством определителя мощности, что позволит получить наиболее точные результаты. Если возможность прямого замера отсутствует, необходимо прибегнуть к альтернативным вариантам измерения напряжения и тока, которые подаются на двигатель. Далее, используя коэффициент мощности, производится расчет входной мощности двигателя. При использовании системы силового привода, входная мощность должна быть измерена до частотно-регулируемого привода.

Электрические измерения должны выполняться только квалифицированным персоналом.

5.7 Перекрёстная проверка

ГОСТ (проект RU, первая редакция)

В случае отсутствия возможности прямого измерения необходимого параметра, его можно вычислить с помощью других параметров, например:

- если известны напор насоса и кривая зависимости подачи от напора, можно вычислить расход;
- если известны электрическая мощность и кривая характеристик двигателя, можно вычислить мощность на валу, а с помощью показателя мощности на валу и кривой характеристик мощности на валу насоса, можно вычислить расход;
- известные показатели положения задвижки и расхода в сочетании с кривой характеристик задвижки позволяют вычислить разность давлений.

Такие методы вычислений могут быть использованы для предварительного подсчета потенциально сохраненной энергии, что позволяет принимать решения о целесообразности дальнейших исследований.

Примечание – В объем данного международного стандарта не входит детальное описание различных методов проверок, но, тем не менее, они играют значительную роль в процессах оценки и принятия решений.

5.8 Заключительное совещание и представление предварительных результатов и рекомендаций

Представление результатов и предварительных рекомендаций является завершающим этапом оценки. На заключительном совещании должен присутствовать весь состав экспертной группы. В ходе совещания необходимо рассмотреть все отложенные вопросы. Должны быть формально представлены предварительные результаты оценки, к которым относятся, среди прочего:

- анализ использованного метода оценки;
- эффективность оцениваемой системы (-ем) и ее компонентов;
- предварительные рекомендации по улучшению эффективности с указанием ориентировочных показателей экономии энергии и затрат, при наличии таковых;
- обсуждение рекомендуемых дальнейших анализов системы; и

—любые общие замечания и наблюдения.

Представленные результаты носят предварительный характер и нуждаются в дальнейшей доработке и анализе. Крайние сроки для предоставления предварительного и окончательного отчетов должны устанавливаться по взаимной договоренности.

Для более детальной информации, см. Приложение Б.

6 Отчеты и документация

6.1 Окончательный отчет по результатам оценки

После завершения работ по оценке на месте, а также всех необходимых последующих работ по анализу данных, результаты оценки должны быть оформлены в виде окончательного письменного отчета в соответствии с Приложением А.

6.2 Данные для проверки третьей стороной

Отчет, а также любая другая документация, предоставленная вместе с отчетом, должны содержать достаточное количество исходной информации, полученной в ходе оценки, чтобы данные, указанные в п. 5.6 могли быть проверены третьей стороной. Документация должна быть должным образом структурирована, что сделает ее более доступной для понимания проверяющих и других лиц, задействованных в ее разработке.

6.3 Проверка окончательного отчета

Прежде чем завершить оформление окончательного отчета, члены экспертной группы должны убедиться в точности и полноте такого отчета и предоставить свои замечания. После согласования проекта отчета и внесения необходимых изменений, экспертная группа должна единогласно утвердить, а после подготовить и представить отчет в окончательном варианте.

Приложение А
(обязательное)
Содержание отчета

А.1 Сводное резюме

В данном разделе приводится краткое резюме отчета. Сводное резюме должно включать следующую информацию:

- А) исходные данные по предприятию, производимым продуктам и энергетическим показателям;
- Б) цели и область применения оценки;
- В) оцениваемая система (-ы) и границы погрешности результата измерений;
- Г) годовое потребление энергии;
- Д) перспективы улучшения рабочих показателей, сокращения энергопотребления и снижения затрат;
- Е) предварительные прогнозы сокращения энергопотребления и снижения затрат;
- Ж) перечень рекомендаций по реализации предложенных мер по сокращению энергопотребления и снижению затрат.

А.2 Вводные данные и информация по предприятию

В данном разделе должно быть представлено краткое описание и исходная информация по предприятию, данные по экспертной группе и области применения оценки.

А.3 Цели и область применения оценки

В данном разделе отчета должны быть кратко представлены цели выполняемой оценки, обозначены границы конкретной системы (-ем), в отношении которой (-ых) была выполнена оценка, а также указаны причины установки тех или иных границ. В раздел должно быть включено описание общего подхода и методы, которые были использованы при выполнении оценки.

A.4 Описание оцениваемой системы (-ем) и важных параметров системы

В отчете должно быть представлено детальное описание конкретной системы (-ем), в отношении которой (-ых) была выполнена оценка. В зависимости от оцениваемой системы, описание может быть объемным с использованием графиков, таблиц и схем. В отчет должна быть включена вся дополнительная информация, которая поясняет принцип работы и взаимодействия компонентов системы.

В данном разделе должны быть описаны все важные параметры системы, включая результаты операционного аудита системы. В отчете должны быть представлены наиболее эффективные методы работы (методы и процедуры, которые были признаны наиболее эффективными и энергосберегающими).

A.5 Сбор данных для оценки и выполнения измерений

В отчете должны описываться методы идентификации и опроса квалифицированного персонала предприятия, сбора данных и выполнения измерений (с обзором плана выполнения измерений). К обязательным данным, которые необходимы для выполнения оценки 2 и 3 уровней, относятся:

- определение потребностей системы и тенденции изменения эксплуатационных параметров системы в течение года (графики, технологические данные системы);
- общий напор насоса, расход и расчетные характеристики системы;
- данные по энергопотреблению;
- определение наработки насоса и параметров расхода;
- характеристики производительности насоса, при наличии;
- данные замеров или предварительного расчета потерь в системе.

В данном пункте должна быть указана степень точности измерений и необходимость их проверки до утверждения рекомендованных проектов.

A.6 Анализ данных

В отчете должны быть приведены результаты измерений и анализа данных в

ГОСТ (проект RU, первая редакция)

соответствии с поставленными целями, планом выполнения оценки и заданием на выполнение работ. Все существенные аналитические методы, измерения, наблюдения и результаты анализа данных, полученные по итогам выполненных работ, должны быть задокументированы.

A.7 Исходные данные по годовому потреблению энергии

Отчет должен включать исходные данные по годовому потреблению энергии насосной системы, при наличии такой информации. Должен быть описан метод анализа, используемый для расчета исходных данных годового потребления энергии (см. п. 5.5.1). Данные о функциональных и производственных процессах предприятия должны быть также включены в отчет.

В отчете должны быть четко обозначены исходные данные оценки в качестве отправной точкой для оценки плановых и внеплановых изменений. Об изменениях свидетельствуют явные перемены физического характера в отношении предприятия и производственного процесса. В отчете должны быть представлены всеобъемлющие исходные данные по предприятию, которые будут взяты за основу при оценке изменений.

П р и м е ч а н и я :

1. На плановые изменения оказывают воздействие такие факторы, влияние которых является прогнозируемым, например, изменение объема производства. Исходные показатели зависимости уровня энергопотребления от объемов производства и времени четко обозначены.
2. На внеплановые изменения оказывают воздействие факторы, влияние которых не является стандартно предсказуемым в течение короткого промежутка времени. К факторам внеплановых изменений относятся размер предприятия, параметры, тип и количество производственных линий, оборудованных насосными системами.

A.8 Определение и расстановка приоритетов среди вариантов улучшения производительности

С помощью анализа необходимо определить показатели сокращения энергопотребления и снижения затрат в результате использования рекомендованных вариантов улучшения производительности. Дополнительные расчеты могут быть выполнены для демонстрации других потенциальных улучшений, как в энергетическом, так и в любом другом аспекте. В отчете должны

быть указаны использованные методы расчетов и модели программного обеспечения, а также приведены ориентировочные расчеты.

К вариантам улучшения производительности относятся: усовершенствование технического обслуживания, улучшение эксплуатационных показателей; обновление или замена оборудования; пересмотр стратегий управления; совершенствование производственного процесса и переход на другую производственную модель; любые другие действия, направленные на снижение энергопотребления.

К детальной информации по вариантам улучшения производительности, которая должна быть оформлена и внесена в отчет, относится детальное описание действий, направленных на реализацию проекта. При выборе проекта для реализации, экспертная группа должна разделить все выявленные варианты улучшений на три категории – высокого приоритета, среднего приоритета и низкого приоритета, основываясь на следующих факторах:

- сокращение энергопотребления и снижение затрат;
- вероятность получения прогнозируемой экономии;
- вероятность большого срока службы со стабильным КПД;
- влияние на текущие рабочие процессы;
- необходимость замены или модификации существующего оборудования;
- сроки и стоимость реализации;
- сложность этапов реализации;
- потенциальные сопряженные преимущества (например, повышение прибыльности, повышение надежности и снижение затрат на техническое обслуживание, улучшение рабочих параметров, снижение негативного воздействия на окружающую среду и т.д.).

В аналитической части отчета необходимо указать исходные данные по энергопотреблению насосной системы и представить варианты по энергосбережению.

ГОСТ (проект RU, первая редакция)

Что касается уровней оценки, анализ расчета исходных данных по энергопотреблению и предложенные рекомендации должны быть представлены достаточно детально, что позволит персоналу предприятия получить представление обо всех этапах анализа. При использовании программного обеспечения, данные, которые вводятся в него, должны быть четко определены. К дополнительным данным для анализа относятся электронные таблицы, графики, скрин-шоты программы, расчеты. Этапы анализа, а также сделанные в его ходе допущения и расчеты, должны быть представлены в логическом детальном формате, который будет понятен другим техническим специалистам в случае необходимости проверки третьей стороной.

Данная часть оценки может также затрагивать другие преимущества инженерного и неинженерного характера, такие как: оптимизация использования ресурсов, снижение издержек на единицу продукции, снижение затрат за срок службы, улучшение экологических показателей. Данные преимущества могут быть согласованы с руководством предприятия.

Примечание – Количество детальной информации, входящей в состав рекомендаций по энергоэффективности, может значительно варьироваться в зависимости от уровня оценки.

Как правило, рекомендации делятся на два вида – рекомендации по техническому обслуживанию и эксплуатации; энергосберегающие мероприятия. Рекомендации, представленные в данном разделе отчета, должны быть расставлены по приоритету с учетом эффективности затрат и оценки персоналом предприятия. Каждая последующая мера должна оказывать взаимный сберегающий эффект на предыдущую рекомендуемую меру. Необходимо также отдавать предпочтение тем проектам, которые могут быть достаточно просто реализованы, в противовес проектам, условием реализации которых является остановка производственных линий предприятия.

Представление каждой такой меры должно сопровождаться кратким описанием предполагаемых улучшений и перечнем преимуществ. При необходимости, прежде чем начать реализацию мер, можно рекомендовать проведение оценки более высокого уровня.

Общие наблюдения относительно вариантов энергосбережения для систем, не относящихся к насосным, должны быть также представлены для обсуждения.

А.9 Рекомендации относительно работ по реализации

Детальная информация относительно вариантов улучшения производительности должна включать данные по последующим шагам, которые необходимы для перехода от определения вариантов улучшения производительности к реализации перечисленных мер. Должны быть указаны методы фильтрования данных анализа и получения достоверной оценки затрат на реализацию. Необходимо также определить методы оптимизации и поддержания производительности системы после принятия утвержденных мер.

Оценка затрат на реализацию вариантов улучшения производительности, выделенная в отдельную категорию работ, представляет собой предварительный отбор или оценку осуществимости, и может также включать работу по подготовке количественных показателей, таких как прибыль на капиталовложения и период окупаемости инвестиций.

Прежде чем приступать к реализации рекомендаций, указанных в отчете по результатам оценки, рекомендуется провести дополнительный инженерный анализ.

А.10 Приложения

Объемную информацию, указание которой в основной части отчета не является обязательным, рекомендуется выносить в приложения, что позволит сформировать понятную структуру отчета. Детальная сопутствующая информация, к которой можно отнести расчеты энергопотребления, экономии затрат и анализ экономической эффективности, должна быть вынесена в приложения к отчету, а в самом отчете должны содержаться ссылки на соответствующие приложения.

Приложение Б (справочное)

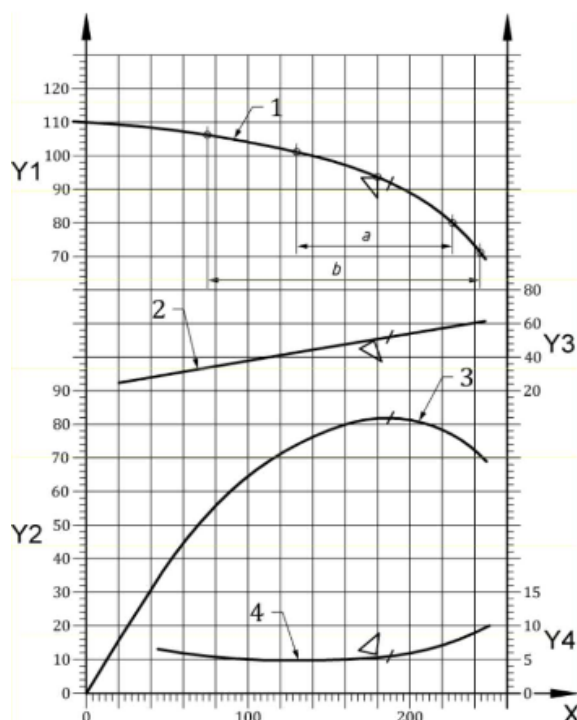
Рекомендации по эффективной работе системы и снижению энергопотребления

Б.1 Общие рекомендации по эффективной работе системы

Эксплуатационные характеристики насосов должны отвечать параметрам нагрузки и сопротивления трубопровода, что обеспечит соответствие эксплуатационных параметров насосов спецификациям производителя.

Что касается систем высокой мощности с большим сроком службы, измерение давления, расхода и мощности должно регулярно производиться в соответствующих точках системы для проверки эффективности ее работы.

Наиболее эффективной является эксплуатация насоса в точке оптимального КПД. Эксплуатация вне пределов допустимого рабочего диапазона, определенного производителем насоса (см. Рис. Б.1), является недопустимой.



Обозначения:

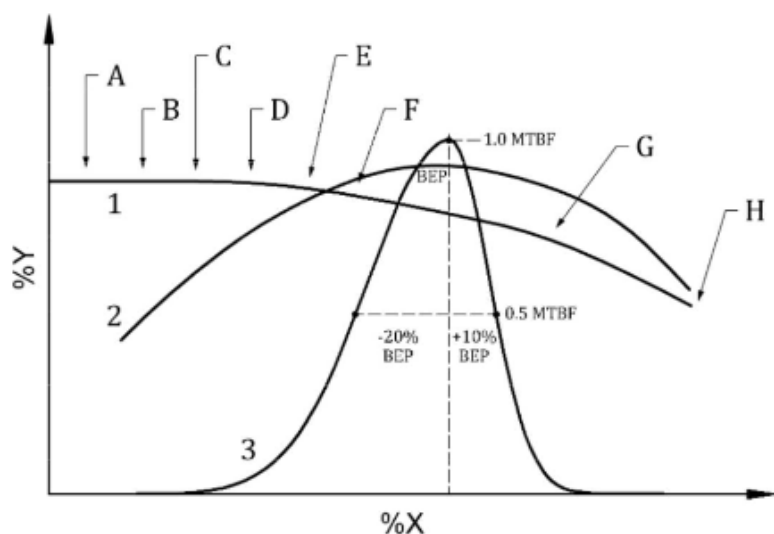
- 1 напор;
- 2 мощность;
- 3 КПД;
- 4 критический кавитационный запас;

- a предпочтительный рабочий диапазон;
- b допустимый рабочий диапазон;
- Y1 напор в метрах;
- Y2 производительность в процентном выражении;
- Y3 мощность в киловаттах;
- Y4 критический кавитационный запас в метрах.

Рис Б.1 — Примеры характеристик и допустимого рабочего диапазона

Примечание – Высокий КПД насоса не гарантирует высокой производительности системы в целом, особенно если размер насоса больше, чем того требует система.

Пример графика на Рис. Б.2 демонстрирует темпы снижения показателя средней наработки на отказ при отдалении рабочей точки насоса от точки оптимального КПД.



Обозначения:

- | | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> A высокий подъем температуры; B кавитация на низком расходе; C ресурс подшипника и уплотнения на низком расходе; D сниженный ресурс рабочего колеса; E рециркуляция на входе; F рециркуляция на выходе; G низкий ресурс подшипника и уплотнения; H кавитация; | <ul style="list-style-type: none"> Кривая 1 кривая характеристики насоса $H(Q)$; Кривая 2 кривая характеристики КПД насоса; Кривая 3 кривая характеристики надёжности; X расход в % от расхода в точке оптимального КПД; Y напор в % от расхода в точке оптимального КПД. |
|--|---|

Рис Б.2 — Пример кривой характеристики надёжности насоса

Как правило, производители оборудования указывают предпочтительный рабочий диапазон в точке оптимального КПД, а иногда и допустимый рабочий диапазон. Такие диапазоны могут отличаться в зависимости от производителя. Необходимо стараться организовать работу оборудования как можно ближе к точке оптимального КПД. Отклонение в -20% или +10% от показателя расхода в точке оптимального КПД означает снижение средней наработки на отказ вдвое. Касаясь насосов с переменным расходом, выбор наиболее эффективной точки рабочего диапазона требует тщательного рассмотрения.

Б.2 Управление системы, обеспечивающее её экономную работу

Б.2.1 Общие положения

Трёхфазные асинхронные двигатели в приводных насосах имеют параметры, обеспечивающие максимальный, или близкий к максимальному КПД при любых условиях эксплуатации (как правило, 50-100 % нагрузки и 35-100 % нагрузки для высокопроизводительных двигателей в соответствии с МЭК 60034). Что касается остальных типов двигателей, рабочий диапазон должен соответствовать рекомендациям производителя.

Необходимо установить правила управления, технического обслуживания и ремонта.

Рекомендуется вести журналы регистрации данных рабочих характеристик и архивы технических данных.

Персонал, ответственный за управление и эксплуатацию, должен иметь достаточную подготовку, соответствующую занимаемой должности.

Б.2.2 Рекомендации по управлению системой

Компоненты эффективной системы должны использоваться и эксплуатироваться таким образом, чтобы поддерживать высокий уровень эффективности всей системы.

Касаясь систем, которые долгое время эксплуатировались при частичной нагрузке или имеют значительное изменение нагрузки на стороне потребления,

необходимо принимать должные меры для поддержания высокой эффективности эксплуатации при любых условиях, если это практически осуществимо с точки зрения технических и финансовых возможностей.

Для определения эффективности системы, необходимо оценить соблюдение технологических требований по качеству, охране труда и технике безопасности. Если система не соответствует установленным нормам, необходимо разработать и реализовать план коррективных действий.

Б.2.3 Обновление и усовершенствование системы

Если в ходе оценки было установлено, что система не соответствует стандартам эффективности, необходимо провести проверку работы системы и составить отчет по результатам такой проверки. Отчет должен включать данные о методах проверки, анализа данных и о мерах повышения эффективности, а также устанавливать границы ответственности за выполнение таких мер.

Отчет должен храниться в доступном месте.

При первичной установке или обновлении насосной системы, необходимо выполнить оценку для определения исходных условий эксплуатации.

Б.2.4 Обязка насосной системы

Увеличение внутреннего диаметра трубопровода является наиболее эффективным методом снижения потерь на трение в трубопроводе, что приводит к снижению энергопотребления. Например, увеличение диаметра трубы на 10 % позволяет снизить потери на трение в области турбулентного течения приблизительно на 60 %. В целом, если говорить о перекачке взвешенных веществ в жидкой среде, скорость потока должна удерживаться на максимально низком уровне.

Количество изгибов трубы должно быть минимальным, и радиус изгибов должен быть максимально большим, что позволит минимизировать потери на трение. Радиус изгибов должен быть не менее чем в 1,4 раза больше диаметра трубопровода.

Необходимо избегать резкого изменения диаметров. Рекомендовано

ГОСТ (проект RU, первая редакция)

использование диффузора.

При выборе компонентов системы, следует помнить о необходимости минимизации потерь на трение во всем оборудовании. Оборудование должно быть предназначено для работы с перекачиваемой жидкостью.

Подъем и давление на поверхность жидкости в резервуаре влияют на статический напор системы, который необходимо сводить к минимально возможному уровню.

Б.3 Общие причины и способы устранения чрезмерного энергопотребления центробежными насосами

Б.3.1 Общие положения

Прежде чем начать применять тот или иной метод анализа, очень важно четко определить потребности системы. Необходимо выяснить различия между расчетными параметрами системы и её фактическими потребностями, и только после этого приступать к оценке вариантов снижения энергопотребления.

Следует принимать во внимание тот факт, что после изменения физических или эксплуатационных параметров, характеристики системы, вероятней всего, изменятся, что повлечет изменение потребностей системы и необходимость в повторном анализе. При каждом последующем изменении, вносимом в систему, есть возможность переоценить оптимальные эксплуатационные параметры для такой системы.

Б.3.2 Снижение потерь напора системы

Примеры вариантов снижения потерь напора в системе приведены ниже. Этот перечень не является исчерпывающим, и в нем приведены наиболее распространенные варианты, наработанные с опытом:

- 1) убрать/снизить неоправданное дросселирование и/или рециркуляцию;
- 2) произвести очистку или техническое обслуживание загрязненных элементов, таких как теплообменники;
- 3) перекрыть линии, ведущие к вспомогательному или нерабочему

оборудованию;

4) поддерживать должную насыпку и вентиляцию надземных частей трубопровода;

5) очистить осадок и принять меры по снижению образования осадка на трубах, теплообменниках и рабочих компонентах;

6) избегать воздушного зазора между сливным отверстием трубопровода и приемным резервуаром, если нет необходимости в разделении;

7) установить расход на уровне, который бы соответствовал потребностям системы и не превышал их;

8) поддерживать проектную температуру при перекачке вязких продуктов;

9) изолировать вспомогательные системы, требующие гораздо меньшего расхода при напоре, который намного превышает напор в основной системе.

Б.3.3 Снижение уровня расхода системы

Варианты снижения уровня расхода системы приведены ниже. Этот перечень не является исчерпывающим, и в нем приведены наиболее распространенные варианты, наработанные с опытом:

1) поддерживать оптимальную разность температур при использовании теплообменника и, по возможности, учитывать расчетный КПД теплообменника;

2) перекрыть ненужные трубопроводы, а также неиспользуемую и неисправную арматуру линии рециркуляции;

3) снизить расход в процессах закачки, которые фактически представляют собой заполнение и слив, если только это не приведет к недопустимым изменениям производственного графика;

4) выключать насосы, если отсутствует необходимость в перекачке.

Б.3.4 Обеспечение наиболее эффективной работы компонентов

Показатели эксплуатационной эффективности различных компонентов,

ГОСТ (проект RU, первая редакция)

входящих в состав насосной системы, могут значительно отличаться в зависимости от того, работают ли они в соответствии с кривыми характеристик. Как правило, двигатели должны работать на участке плоской кривой. Оптимальной является эксплуатация центробежных насосов в максимальном приближении к точке оптимального КПД (см. Рис. Б.2). Работа на параметрах, которые значительно отдалены от точки оптимального КПД, ведет к быстрому снижению КПД и надежности насоса.

Необходимо учитывать значительные различия в эффективности между разными видами электродвигателей и остальными приводами.

П р и м е ч а н и е – Избыточное потребление энергии системой может быть вызвано работой установленного оборудования в значительном отдалении от точки оптимального КПД.

Существует большое количество вероятных причин. Большинство из них связаны с изменением параметров, указанных в спецификации, и изменением потребностей системы, что во всех случаях приводит к снижению эффективности системы. Ниже приведены наиболее распространенные факторы:

— на этапе предварительного проектирования системы и до начала эксплуатации системы существует большое количество неопределенностей. Выбор оборудования производится по стандартной схеме, и это, в сочетании с эксплуатационными коэффициентами и расчетными запасами, часто приводит к увеличению размеров систем сверх необходимых;

— системы проектируются с учетом избыточных потребностей;

— если фактические потребности системы значительно отличаются от производительности насоса, это отрицательно сказывается как на эффективности системы, так и на ее надежности);

— изменение условий системы, вызванное изменениями потребностей, износом системы или заменой того или иного компонента или оборудования;

— недостаточное понимание того, что избыточное энергопотребление может являться причиной более высоких затрат при принятии решений о новых инвестициях, что ведет к установке оборудования с более высокими затратами за срок службы.

Б.3.5 Изменение времени работы насосной системы

Варианты, основанные на изменении работы насосной системы, часто используются в том случае, если в характеристике системы потери на трение составляют основную долю. Эти варианты применимы, среди прочего, для следующих систем:

— насосные/канализационные станции;

— системы, у которых тарифы на электроэнергию варьируются в зависимости от времени использования, или применяется тариф с платой за присоединённую мощность;

— системы, которые работают, в то время как основной процесс не запущен. Часто применяется контур рециркуляции вместо отключения насоса при отсутствии необходимости в перекачке;

— системы с несколькими насосами, работающими параллельно, которые используют большее количество насосов, чем фактически необходимо для удовлетворения технологических потребностей.

Мониторинг удельного расхода энергии позволяет повысить эффективность перекачки.

В подавляющем большинстве случаев, производительность насоса превышает фактические потребности системы. Это особенно актуально для процессов, связанных с закачкой жидкости в резервуары для хранения. Например, заполнение резервуаров на промышленных объектах; закачка жидкости в скважины; заполнение резервуаров на муниципальных объектах. Запуск и остановка насоса происходят автоматически при достижении определенного уровня жидкости в резервуаре/баке или скважине. Снижение уровня расхода приведет к повышению наработки, но, с другой стороны, такое снижение повлечет за собой экономию в виду снижения потерь на трение.

В предприятиях со значительными изменениями нагрузки на стороне потребления, снижение уровня расхода может привести к снижению потребления мощности и соответствующему снижению затрат, что не всегда ведет к экономии

ГОСТ (проект RU, первая редакция)

электроэнергии.

На многих предприятиях, насосы продолжают работать сверх необходимого времени. Примером являются предприятия с несколькими насосами, работающими параллельно, которые перекачивают жидкость в объеме, превышающем фактические потребности. Это не редкость для систем, в которых используются градирни и охлаждающие теплообменники. Операторы не выключают насосы тогда, когда их работа более не нужна, и оставляют их в рабочем состоянии, когда потребности в них нет совсем. Данную ситуацию можно распознать, измерив разность температур на градирне/теплообменнике. Если показатели разности температур ниже оптимальных, расход слишком высокий. В такой ситуации, можно отключить один или несколько насосов, или снизить их производительность, изменив обороты насоса (-ов).

Б.4 Примеры расчетов основных вариантов снижения энергопотребления для центробежных насосов

Б.4.1 Расчет существующего и пестоценочного энергопотребления

Б.4.1.1 Общие положения

Цель – минимизировать энергопотребление существующей системы. Поставленная цель достигается путем оценки рабочих параметров существующей системы и определения возможностей снижения напора системы, расхода и времени наработки, а также путем обеспечения работы компонентов системы максимально близко к точке оптимального КПД.

Гидравлическая энергия, подаваемая на жидкость насосом, рассчитывается по формуле (Б1).

$$P_w = \frac{QH\rho}{367000} \quad (\text{Б1})$$

где

P_w гидравлическая энергия, передаваемая насосом, выраженная в киловаттах (кВт);

Q расход, выраженный в метрах кубических в час ($\text{м}^3/\text{ч}$);

H общий напор при уровне расхода Q , выраженный в метрах;

ρ плотность жидкости, выраженная в килограммах на метр кубический (кг/м^3).

Электрическая мощность P_e , необходимая для поддержания работы системы, рассчитывается по формуле Б2

$$P_e = \frac{P_w}{\eta_P \eta_M \eta_D} \quad (\text{Б2})$$

где

η_P КПД насоса;

η_M КПД двигателя;

η_D КПД привода (если привод не установлен, параметру присваивается значение 1).

Для оптимизации работы насосных систем, выполняются следующие действия:

- минимизация расхода;
- минимизация напора насоса;
- оптимизация времени наработки;
- максимальное повышение эффективности компонентов.

Оптимизация может быть выполнена с использованием существующего оборудования. Иногда, дополнительная экономия может быть получена при замене оборудования.

Б.4.2 Примеры

Следующие примеры демонстрируют расчеты для определения:

- исходного энергопотребления;
- энергопотребления после усовершенствования рабочих процессов;
- энергопотребления после замены компонентов.

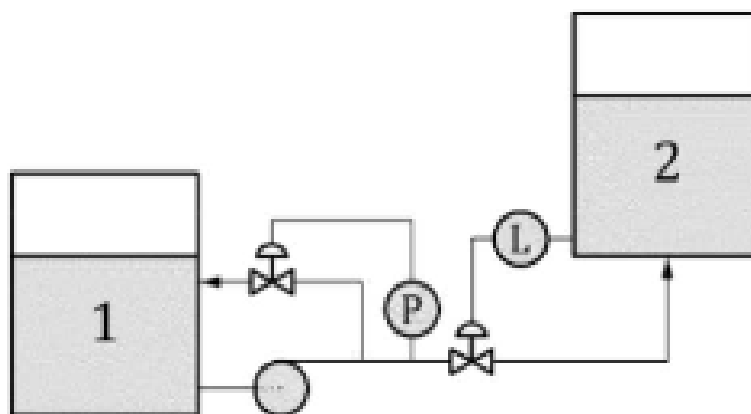
На рисунке Б.3 показана система перекачки жидкости из резервуара А в резервуар В. Контур рециркуляции поддерживает постоянное давление на выходе насоса. Клапан регулирования уровня поддерживает постоянный уровень в

ГОСТ (проект RU, первая редакция)

резервуаре В (4,5 бар) вверх по течению от клапана понижения давления. Насос имеет индивидуальный привод.

Фиксируются следующие данные:

- жидкость: температура воды 20 °С и плотность 998,3 кг/м³;
- стоимость электроэнергии для станции: \$0,10/кВт-ч;
- измеренный расход: 450 м³/ч;
- измеренные показатели рабочего расхода: 340 м³/ч к резервуару В, 110 м³/ч рециркуляция;
- измеренный общий напор насоса: 46 м;
- P_e : 78 кВт;
- КПД двигателя: 94%;
- 6 132 ч (70%) годовой наработки.



Обозначения:

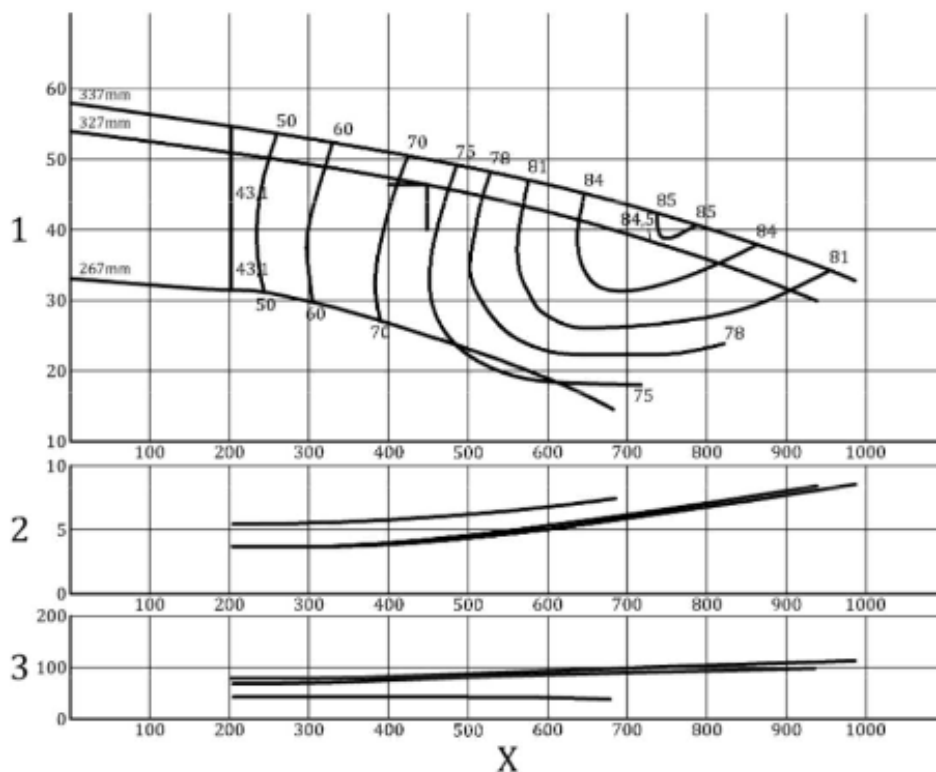
- 1 резервуар А;
- 2 резервуар В;
- Р клапан понижения давления;
- L клапан регулирования уровня.

Рисунок Б.3 — Пример упрощенной технологической схемы

Данный пример включает несколько этапов:

- 1) Определение уровня энергопотребления и годовых эксплуатационных расходов.

На Рисунке Б.4 показана кривая характеристик насоса



Обозначения:

- 1 напор;
 2 расход;
 3 мощность;
 X потребность системы ($\text{м}^3/\text{ч}$).

Рисунок Б.4 – Пример кривой рабочих характеристик насоса (при расходе $450 \text{ м}^3/\text{ч}$)

Энергопотребление рассчитано по формуле (Б2) и равно $82,9 \text{ кВт}$.

Наработка насосной системы составляет $6\,132 \text{ ч/г}$ ($0,7 \times 8\,760 \text{ ч/г}$).

Показатель годовых эксплуатационных расходов рассчитывается следующим образом:

ГОСТ (проект RU, первая редакция)

$$AOC = 82,9kW \times 6132 \frac{h}{y} \times 0,10 \frac{\$}{kWh} = 50830 \frac{\$}{y} \quad (Б3)$$

2) Определение текущих потребностей системы.

Полученные данные указывают на следующее:

- текущая потребность системы составляет 340 м³/ч;
- расход через байпасную линию в объеме 110 м³/ч может быть устранен в целях экономии.

3) Определение текущего годового энергопотребления и годовых эксплуатационных расходов без замены компонентов.

Устранение расхода через байпасную линию дает следующие результаты:

- расход: 340 м³/ч;
- напор: 48,7 м;
- КПД: 62 %.

Энергопотребление, рассчитанное по формуле Б.2, составляет 77,3 кВт. Годовые эксплуатационные расходы составляют \$47 400.

Модификации насоса.

Дополнительная экономия может быть получена с помощью использования дополнительных данных, полученных в результате первого анализа:

- перепад давлений на регулирующей задвижке может быть снижен с 1,75 бар до 1 бара;
- подрезка рабочего колеса с 327 мм до 282 мм снижает напор до 41,3 м при расходе 340 м³/ч и 65 % КПД.

Энергопотребление, рассчитанное по формуле Б.2, составляет 63,5 кВт. Годовые эксплуатационные расходы составляют \$ 38 930.

4) Определение текущего годового энергопотребления и годовых эксплуатационных расходов системы с учетом замены компонентов.

Установка частотно-регулируемого привода дает следующие результаты:

- 1 580 об/мин при расходе 340 м³/ч;

- напор: 37,9 м;
- КПД насоса: 66 %.

Энергопотребление, рассчитанное по формуле Б.2, составляет 59,5 кВт.

Годовые эксплуатационные расходы составляют \$ 36 490.

Покупка нового насоса для соответствия текущим потребностям:

- расход 340 м³/ч;
- напор: 41,9 м;
- КПД насоса: 84 %;
- КПД двигателя: 94 %.

Энергопотребление, рассчитанное по формуле Б.2, составляет 49,1 кВт.

Годовые эксплуатационные расходы составляют \$ 30 110.

В Таблице 1 приведены итоговые расчетные данные по снижению энергопотребления.

Таблица Б.1 Итоговые результаты

Состояние	Расход, м ³ /ч	Напор, м	КПД насоса, %	Энергопотребление, кВт/ч	Эксплуатационные расходы, \$
Реальные условия ^а	450	46,5	73	82,9	50 830
Устраненный расход через байпасную линию	340	48,7	62	77,3	47 400
Подрезанное рабочее колесо	340	41,3	65	63,5	38 940
Установлен частотно-регулируемый привод ^б	340	37,9	66	59,5	36 490
Новый насос	340	41,9	84	49,1	30 110

^а Для всех примеров были использованы следующие параметры системы: температура воды 20 °С, КПД двигателя 94 %, стоимость электроэнергии \$0,10/кВт-ч, наработка 6 132 ч/год.

^б КПД частотно-регулируемого привода составляет 95 % в соответствии со спецификацией производителя.

Б.4.3 Вспомогательные системы: система уплотнения

Система уплотнения может быть еще одной причиной чрезмерного

ГОСТ (проект RU, первая редакция)

энергопотребления. Использование неподходящего уплотнения или систем обеспечения работоспособности уплотнения может привести к избыточному потреблению энергии и других расходных материалов. Рекомендуется проверка системы специалистом (см. Пример).

Уплотнительный узел (механическое уплотнение и системы обеспечения работоспособности уплотнения) потребляет часть энергии уплотнения насоса в сборе в большей мере в связи с трением и касательным напряжением в уплотнительной камере (потери на трение), а также в виду энергопотребления системы обеспечения работоспособности уплотнения, которая применяется для поддержания допустимой среды в уплотнительной камере. В некоторых системах, уровень энергопотребления системы обеспечения работоспособности уплотнения может быть равным или даже превышать уровень энергопотребления привода насоса.

В Таблице 4 показан пример качественной оценки зависимости уровня энергопотребления от использования различных наиболее распространенных схем трубной обвязки торцовых уплотнений (см. API 682).

Таблица Б.2 – Пример зависимости уровня энергопотребления от использования различных схем трубной обвязки торцовых уплотнений по API 682

Основная схема обвязки уплотнения	Схема API	Описание	Потери эффективности			Комментарии
			Тепло ^a	Электроэнергия ^b	Вода ^b	
Одинарное механическое уплотнение и встроенное двойное торцевое уплотнение без давления	01	Внутренняя рециркуляция от выходного патрубка к уплотнительной камере	0	2	0	
	02	Изолированная уплотнительная камера, рециркуляция отсутствует	0	1	0	Оснащение камеры уплотнения войлочной рубашкой, может привести к расходу тепловой энергии и воды
	11	Внешняя рециркуляция от выходного патрубка к уплотнительной камере	0	2	0	
	13	Внешняя рециркуляция от выходного патрубка к уплотнительной камере	0	2	0	
	14	Внешняя рециркуляция от выходного патрубка к уплотнительной камере и к входу	0	2	0	
	21	Внешняя рециркуляция от выходного патрубка к уплотнительной камере через теплообменник	3	2	1	Возможен значительный расход тепловой энергии в случае необходимости охлаждения технологической среды
	23	Внутренняя рециркуляция от уплотнительной камеры к теплообменнику и обратно	2	1	1	Наиболее эффективно в случае необходимости охлаждения технологической среды
	31	Внешняя рециркуляция от выходного патрубка к уплотнительной камере через циклонный сепаратор	0	2	0	
	32	Промывка уплотнительной камеры чистой жидкостью от внешнего источника	3	1	3	Возможен значительный расход тепловой энергии для восстановления тепла, потерянного в результате подачи жидкости из внешнего источника. Если схема 32 применяется для холодной среды, расход тепловой энергии исключен
	41	Рециркуляция от выходного патрубка к уплотнительной камере через циклонный сепаратор и теплообменник	3	2	1	Возможен значительный расход тепловой энергии в случае необходимости охлаждения технологической среды
62	Внешнее охлаждение со стороны атмосферы	1	1	1	Если в качестве охладителя используется пар, возможны значительные потери тепла	
Двойное уплотнение под давлением	53	Циркуляция затворной жидкости под повышенным давлением через резервуар к уплотнительной камере	1	1	1	Возможен значительный расход тепловой энергии, в случае если температура технологической среды превышает температуру затворной жидкости
	54	Циркуляция затворной жидкости под повышенным давлением с использованием подпиточной системы	2	2	2	
	74	Система подачи затворного газа к уплотнительной камере под повышенным давлением	0	0	0	Количество электроэнергии, потребляемой при обработке затворного газа азота, ничтожно мало и может не учитываться
Двойное уплотнение без давления	52	Циркуляция буферной жидкости под атмосферным давлением через резервуар к уплотнительной камере	1	1	1	Возможен значительный расход тепловой энергии, в случае если температура технологической среды превышает температуру затворной жидкости
	72/ 75/ 76	Подача буферного газа для организации 2 уплотнений. Давление буферного газа ниже бокового давления уплотнения	0	0	0	Количество электроэнергии, потребляемой при обработке затворного газа азота, ничтожно мало и может не учитываться

а	К тепловым потерям относятся потери на охлаждение буферной или затворной жидкости, потери тепла для технологических нужд и энергия, необходимая для сепарации понизителей вязкости;
б	К электрическим потерям относятся дополнительная электроэнергия, поглощаемая поверхностью механического уплотнения (значение 1) и потеря части потока насоса на рециркуляции (значение 1);
в	К водным потерям относится потребление воды для обеспечения работы трубной обвязки. Во избежание расхода охлаждающей воды, возможно применение воздушного охлаждения.
0	Не сказывается на эффективности
1	Незначительное влияние на эффективность
2	Умеренное влияние на эффективность
3	Значительное влияние на эффективность

В некоторых насосных системах, выбор системы обеспечения работоспособности уплотнения оказывает существенное воздействие на общее энергопотребление насосной системы:

ПРИМЕР Абразивная суспензия на водной основе. Технологический процесс предусматривает установку одноступенчатого шламowego насоса одностороннего всасывания, консольного типа с установкой на лапах, который перекачивает черный щелок на целлюлозно-бумажном предприятии при температуре 75 °С. Частота вращения насоса 3 600 об/м, диаметр вала насоса – 50 мм (2 дюйма), давление в уплотнительной камере – 345 кПа изб. , мощность привода насоса – 37 кВт (50 л.с.). Самым распространенным методом уплотнения вала является установка фонарного кольца уплотнения или одинарного торцевого уплотнения, используя схему 32 по API, с промывкой чистой водой при температуре 10 °С и расходе 1,9 дюймов в минуту в обоих случаях.

Потребление нетто-энергии за вычетом потерь таких систем уплотнения составляет 84 кВт (113 л.с.) в первую очередь из-за необходимости в нагреве и испарении понизителя вязкости в ходе процесса выделения и очистки продукта, выполняемого с помощью промывки. Альтернативной системой уплотнения для такого технологического процесса с участием щелока является использование двойного уплотнения под давлением в соответствии со схемой 54 по API, что обеспечит циркуляцию чистой затворной жидкости через полость между встроенным и наружным уплотнением. Использование такого метода уплотнения позволяет снизить энергопотребление системы уплотнения до 3,9 кВт (5,2 л.с.) и дает экономию в 80,1 кВт (117,8 л.с.). Даже если переход к двойному уплотнению под давлением не был оправдан с практической точки зрения, снижение расхода промывочной жидкости с помощью использования втулки с малым зазором или перемещения фонарного кольца уплотнения для герметизации поможет с легкостью снизить расход до 0,4 дюймов в минуту (0,1 гал/мин) с последующим снижением

Б.5 Примеры расчетов основных вариантов снижения энергопотребления для поршневых насосов

Б.5.1 Общие положения

По своим характеристикам поршневые насосы значительно отличаются от центробежных насосов. Во многих случаях, первоначальный выбор в пользу таких насосов делается по причине их низкого энергопотребления. В связи с отличием характеристик поршневых насосов, рекомендованная логическая схема управления отличается от той, которая применима к центробежным насосам.

Технологические требования направлены на оптимизацию энергопотребления с учетом эксплуатационных характеристик поршневого насоса.

При оценке систем поршневых насосов, необходимо учитывать следующее:

— поршневые насосы, работающие на постоянных оборотах, представляют собой устройства с постоянным расходом;

— расход изменяется при изменениях вязкости и давления, вызванных «скольжением», то есть внутренним перемещением жидкости внутри насоса из области высокого давления в область низкого давления (всас). Скользящий поток незначительный и может не учитываться при оценке энергоэффективности системы;

— показатели изменения расхода в связи с изменением давления гораздо ниже по сравнению с центробежными насосами;

— следующие правила применимы к поршневым насосам:

— расход напрямую зависит от скорости;

— потребляемая мощность напрямую зависит от скорости;

— разность давлений определяется гидравликой системы;

— расход и мощность увеличиваются при повышении вязкости;

— поршневые насосы нагнетают давление, необходимое системе. Холостой ход и дросселирование не должны применяться. В целях безопасности, необходима установка устройства для сброса давления на выходе из насоса, что

не должно сказываться на энергопотреблении, если размер устройства подобран правильно и отсутствует рециркуляция через предохранительный клапан.

— поршневые насосы не создают напор, и параметры таких устройств рассчитываются непосредственно на основании разности давлений, а не напора.

Соотношение напор-давление можно рассчитать по формуле (Б4)

$$P = H\rho g \times 10^{-5} \quad (\text{Б4})$$

где:

P давление в барах (бар);

H напор в метрах (м);

ρ плотность в килограммах на метр кубический (кг/м³);

g равно 9,81 м/с².

Гидравлическая энергия, подаваемая насосом на жидкость, рассчитывается по формуле Б.5:

$$P_w = \frac{Q\Delta p}{36} \quad (\text{Б.5})$$

где:

P_w гидравлическая энергия, подаваемая насосом, выраженная в киловаттах (кВт);

Δ разность давлений в барах (бар);

Q расход в метрах кубических в час (м³/ч).

Электроэнергия, необходимая для поддержания работы насосной системы, рассчитывается по формуле Б.6:

$$P_e = \frac{P_w + P_I}{\eta_M \eta_D} \quad (\text{Б.6})$$

где:

P_e входная мощность в киловаттах (кВт);

P_I внутренние потери мощности, к которым относятся механические

ГОСТ (проект RU, первая редакция)

потери и потери на трение;

η_M КПД двигателя при подаче мощности, необходимой для работы насоса при расходе Q ;

η_D КПД привода (ремённый привод, частотно-регулируемый привод, зубчатый привод и т.д.).

К внутренним потерям мощности насоса относятся потери, вызванные механическим трением, внутренней рециркуляцией, а также потери на трение, вызванные эффектом торможения в контуре циркуляции жидкости. Данные значения могут быть получены у производителей насосного оборудования.

Размер привода должен соответствовать показателям максимальной вязкости и разности давлений.

Системы поршневых насосов работают на максимальных параметрах, если выполнены функциональные требования системы в части:

- расхода при минимальном потреблении;
- разности давлений при минимальном потреблении;
- минимальной наработки;
- максимального КПД компонентов.

Для расчета оптимальной гидравлической энергии, подаваемой на систему, необходимо подставить указанные выше условия в уравнение Б.12. Оптимальная мощность рассчитывается (уравнение Б.13) с учетом оптимальной гидравлической энергии и самых высоких показателей КПД насоса, двигателя и привода.

В соответствии с международным стандартом, в ходе оценки необходимо определить исходные данные по годовому энергопотреблению рассматриваемой насосной системы (-ем).

Б.5.2 Пример

Б.5.2.1 Существующие условия (см. Таблицу Б.3):

Перекачка жидкости из резервуара А в резервуар Б (см. Рис. Б.5).

Весь поток идет в резервуар Б.

Резервуар Б всегда заполнен, а излишки возвращаются обратно в резервуар

А.

Б.5.2.2 Улучшенные условия (см. Таблицу Б.3):

Установлена линия рециркуляции для поддержания постоянного уровня расхода и обеспечения расхода на стороне потребления.

Экономия энергии достигается благодаря тому, что меньшее количество жидкости перекачивается через питательную линию к резервуару Б, что позволяет снизить потери на трение.

Не допускается применение дросселирования. Насос имеет прямой привод от двигателя (без ремённого привода, частотно-регулируемого привода или зубчатого привода).

Б.5.2.3 Основные характеристики рабочих параметров:

— относительная плотность системной жидкости составляет 0,85, а средняя стоимость электроэнергии для предприятия – \$ 0,05/кВт-ч;

— жидкость – турбинное смазочное масло, вязкость которого составляет 90 сСт при 40°C;

— измеренный расход насоса – 450 м³/ч;

— оптимальный расход – 340 м³/ч по направлению к резервуару Б. 110 м³/ч расход перелива или возврата в резервуар А по байпасной линии;

— измеренное давление на выходе насоса: 4 бара;

— оптимальное давление на выходе насоса при сниженном расходе (оптимальный расход) по направлению к резервуару Б (общий расход насоса остается прежним): 2,7 бар;

— измеренная мощность: 73,4 кВт.

Система работает при указанных выше параметрах 70% всего времени.

П р и м е ч а н и е – Несмотря на схожесть с центробежными насосами, данный пример описывает жидкость, вязкость которой значительно выше, потому результаты не могут сравниваться и нужны только для описания применяемого подхода.

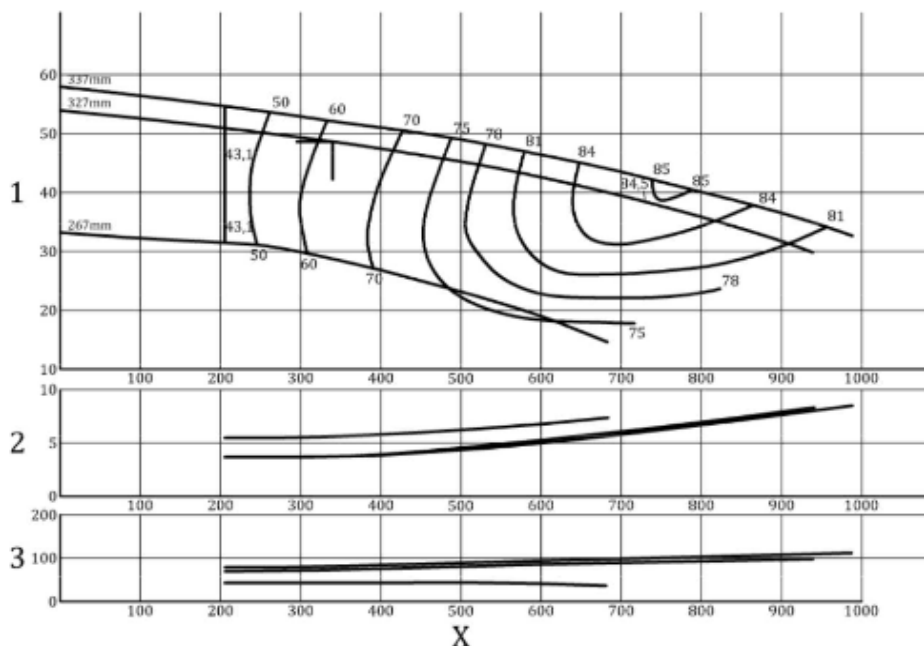


Рисунок Б.5 — Упрощенная технологическая схема для Таблицы Б.3

В Таблице Б.3 приведены результаты первого анализа.

Таблица Б.3 — Сравнение существующих (завышенных) и улучшенных показателей расхода системы

Состояние системы	Расход, м ³ /ч	Давление на выходе, бар	Мощность насоса, кВт	КПД двигателя, %	Электрическая мощность, кВт	Годовое энергопотребление, МВт·ч	Годовые затраты на энергоресурсы, \$1 000
Существующая система	450	4,0	73,4	94	78	478,9	23,9
Улучшенная система	450 из которых 340 м ³ /ч к резервуару Б	2,7	55,7	94	59	363,3	18,2
Возможная экономия	—	1,3	—	—	—	—	5,7
Соотношение оптимальной/измеренной мощности					0,76	—	—
ПРИМЕЧАНИЕ Работа насоса при тех же параметрах скорости и расхода, но с подачей потока к резервуару Б, снижена до 340 м ³ /ч в связи с перекачкой по байпасной линии. Давление снижено с 4 бар до 2,7 бар в связи с понижением давления в контуре рециркуляции.							

Б.5.2.4 Оптимизированные условия (см. Таблицу Б.4):

Установите частотно-регулируемый привод для соответствия технологическим потребностям.

Перекройте байпасную линию.

Переход к использованию частотно-регулируемого привода дает возможность регулятору уровня резервуара Б устанавливать скорость насоса резервуара А для соответствия технологическим потребностям и для экономии электроэнергии, потребляемой системой рециркуляции, а также для минимизации системных потерь между резервуарами (см. Рис. Б.6).

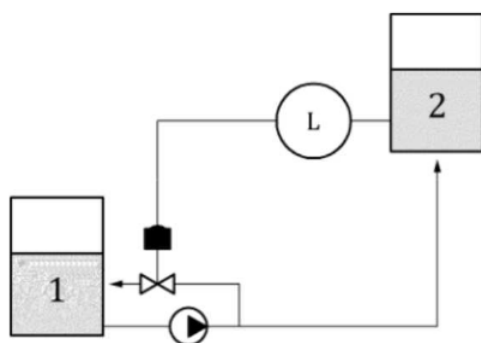


Рисунок Б.6 — Упрощенная технологическая схема для Таблицы Б.4

В Таблице Б.4 приведены результаты второго анализа.

Таблица Б.4 — Сравнение оптимальных показателей расхода и показателей расхода системы без контроля расхода рециркуляции

Состояние системы	Расход, м ³ /ч	Рабочая частота вращения, об/мин	Мощность насоса, кВт	КПД двигателя, %	КПД частотно-регулируемого привода	Электрическая мощность, кВт	Годовое энергопотребление, МВт-ч	Годовые затраты на энергоресурсы \$1 000
Улучшенная система: 2,7 бар	450 из которых 340 подаются к резервуару Б	1200	55,7	94	-	59	363,3	18,2

ГОСТ (проект RU, первая редакция)

Оптимизированная система со сниженной частотой вращения, расходом/давление м: 2,7 бар	340	925	39,4	92	96	44,6	273,5	13,7
Возможная экономия для существующей и усовершенствованной системы	-	-	16,3 22%	-	-	-	115,6	Экономия по сравнению с текущей: 5,7
Возможная экономия: оптимальная и текущая	-	-	34 46%	-	-	-	205,4	Экономия по сравнению с текущей: 10,2

Кроме указанных вариантов, можно рассмотреть методы, указанные в п. Б.4.

Приложение В (справочное)

Квалификация, опыт и профессиональные навыки

В.1 Системы

В данном разделе определяются знания/профессиональные навыки, которыми должны обладать эксперты в отношении насосной системы и перекачиваемой жидкости.

— Основные энергетические параметры насосной системы:

— эксперты должны быть знакомы с насосными системами, среди которых могут быть различные предприятия и оборудование, включая технологические установки, резервуары и сосуды, работающие под давлением. Тип и количество установленных насосов и приводов может варьироваться в зависимости от конкретной системы;

— эксперты должны обладать знаниями относительно насосов, приводов, регулирующей арматуры, рабочих компонентов, а также уметь определять факторы по каждой составляющей, которые сказываются на энергопотреблении всей системы в целом.

— Эксплуатационные характеристики системы:

— эксперты должны понимать, каким образом физические свойства (к которым относятся плотность, вязкость и давление) рабочей жидкости влияют на всю насосную систему, и как такие физические свойства влияют на работу различных компонентов системы;

— эксперты должны обладать знаниями относительно различных видов напора, таких как общий напор, статический напор и напор для преодоления трения, а также уметь определять каждый из них в рамках рассматриваемой системы. Эксперты должны уметь составлять и расшифровывать кривую характеристик системы и график нагрузки по продолжительности;

— эксперты должны профессионально определять потери напора на трение для всех компонентов оцениваемой системы, используя различные

ГОСТ (проект RU, первая редакция)

методы определения таких потерь;

- эксперты должны уметь определять потребности и профиль системы;

- эксперты должны уметь оптимизировать скорость внутри системы с учетом потребления энергии, гидродинамических свойств жидкости и потребностей системы;

- эксперты должны уметь определять параметры систем с насосами, работающими как в параллельной, так и в последовательной конфигурации.

В.2 Насосы

В данном разделе определяются необходимые знания/профессиональные навыки экспертов в области влияния тех или иных параметров насоса и жидкости на гидравлическую систему насоса и на систему в целом.

- Основные энергетические параметры жидкости:

- эксперты должны уметь определять различные составляющие энергии, включая давление, геометрический напор, расход, скоростной напор, а также их взаимодействие в рамках закона Бернулли;

- эксперты должны уметь определять изменения свойств жидкости, а именно – плотности, вязкости, температуры и т.д.

- Характеристики насоса:

- эксперты должны хорошо понимать эксплуатационные характеристики насоса и их влияние на работу системы. К таким характеристикам относятся напор, расход, мощности, КПД, располагаемая/требуемая высота столба жидкости, законы подобия насосов и их математические зависимости.

- Характеристики системы и их влияние на работу насоса:

- эксперты должны уметь определять, какие изменения

необходимо внести для оптимизации работы насоса в рамках исследуемой системы;

— эксперты должны хорошо понимать эксплуатационные характеристики насосов, работающих как в параллельной, так и в последовательной конфигурации, а также их взаимодействие с соответствующими системами при номинальной или регулируемой частоте вращения.

— Сбор данных:

— эксперты должны быть готовы (после определения границ системы) произвести осмотр насосных систем до начала выполнения физических замеров, дабы определить приоритеты и требования к замерам;

— эксперты должны быть готовы выполнить точные и повторяющиеся измерения (прямые или косвенные) параметров насоса, привода (электрического или любого другого) и эксплуатационных параметров системы.

В.3 Двигатели и приводы

В данном разделе определяются необходимые знания/профессиональные навыки экспертов в области характеристик двигателей, компенсации коэффициента мощности, частотно-регулируемых приводов (механических и электрических) и их влияния на работу центробежных насосов. Эксперты должны хорошо разбираться:

— в эксплуатационных характеристиках двигателей, включая различные варианты пуска (плавный пуск, звезда-треугольник, пуск с помощью частотно-регулируемого привода или авто трансформатора). Кроме того, эксперты должны понимать взаимосвязь между крутящим моментом, который подается на насос двигателем, и скоростью, а также обеспечивать оптимизацию этих параметров для правильного выбора двигателя;

— в различных типах приводов, включая зубчатый привод, ремённый привод, гидромуфту и магнитную муфту;

— в различных типах частотно-регулируемых приводов, их рабочих

ГОСТ (проект RU, первая редакция)

параметрах и характеристиках эффективности;

— в факторах, влияющих на работу насоса, системы и привода. Эксперты должны разбираться в системах с высоким и низким статическим напором и понимать, каким образом такой напор влияет на скорость, с которой приводится в действие насос.

В.4 Проведение анализа и составление отчета

В данном разделе определяются необходимые знания/профессиональные навыки экспертов в области анализа полученных эксплуатационных данных, формирования логического и последовательного отчета, целью которого является определение возможных вариантов энергосбережения в рамках насосной системы, в соответствии с Приложением А.

— Эксперты должны иметь опыт в выполнении анализа полученных эксплуатационных данных и должны хорошо понимать взаимосвязь между различными компонентами системы, включая насос (-ы), технологические составляющие и элементы управления. К таким данным относятся характеристики и рабочие показатели. Кроме того, эксперты должны иметь навыки оценки изменений во времени и их влияния на характеристики системы;

— эксперты должны уметь определять характеристики и рабочие показатели, а также их влияние на изменение потребностей системы;

— эксперты должны владеть знаниями относительно различных компонентов системы для определения степени их воздействия на эффективность системы;

— эксперты должны уметь определять взаимосвязь между основными принципами системы управления и энергопотреблением системы.

Приложение Г (справочное)

Рекомендации по программному обеспечению для анализа

Главной целью применения того или иного метода оценки системы является определение фактических потребностей системы, сравнение этих показателей с фактическими эксплуатационными параметрами, а также определение возможностей сокращения энергозатрат.

База данных программного обеспечения должна включать характерные алгоритмы для насоса и двигателя, что позволит сравнить имеющиеся и оптимальные параметры.

Используемый метод анализа системы должен быть задокументирован с указанием источника данных, а также формул и методов, применяемых для получения выводов.

В любом методе, вне зависимости от применимых средств (ручные расчеты, таблицы или компьютерные программы), должно учитываться следующее:

1) Программное обеспечение для анализа должно указывать на источник данных в рамках применимых алгоритмов:

— технологические данные:

— характеристики жидкости: название, температура, плотность (относительная плотность), вязкость, располагаемая/требуемая высота столба жидкости;

— статический напор: уровень жидкости в месте забора и в месте назначения, давление на поверхность жидкости в месте забора и в месте назначения;

— технологические компоненты: производитель, обозначение, номинальная разность давлений, рабочая разность давлений, расход.

— номинальные паспортные данные:

— насос: описание производителя (тип, размер, количество ступе-

ГОСТ (проект RU, первая редакция)

ней), характеристики насоса, частота вращения, фиксированная и регулируемая частота вращения;

— двигатель: производитель, типоразмер согласно NEMA/IEC, мощность, количество фаз, частота, скорость вращения, напряжение, ток при полной нагрузке, коэффициент мощности, номинальный КПД или класс эффективности по NEMA/ISO, гарантийный КПД;

— частотно-регулируемый привод: производитель, КПД;

— регулирующая задвижка: производитель, модель задвижки, размер, описание характеристик; характеристики по давлению, направлению потока; данные по изделию, предоставленные производителем.

— эксплуатационные параметры:

— насос: давление на входе, давление на выходе, расход, номинальная частота вращения (об/мин), КПД согласно кривой характеристик насоса;

— двигатель: потребляемая мощность, напряжение на линии, ток на линии, коэффициент мощности и КПД при рабочей нагрузке;

— частотно-регулируемый привод: КПД при режимах нагрузки;

— регулирующая задвижка: расположение задвижки, разность давлений.

2) Определение фактического потребления энергии различными компонентами в зависимости от реальных условий эксплуатации системы.

3) Определение оптимальных условий эксплуатации системы, а также соответствующего уровня потребления энергии.

4) Перекрёстная проверка результатов для подтверждения того, что показатели количества энергии в системе и энергии, полученной системой, равны.

5) Определение возможной экономии на основании полученных данных и

стоимости выработки единицы энергии.

Приложение Д (справочное)

Пример рабочей таблицы данных предварительного отбора

В Таблице Д.1 приведен пример стандартной рабочей таблицы данных предварительного отбора.

Таблица Д.1 – Пример стандартной рабочей таблицы данных предварительного отбора

Данные по оборудованию						Схемы управления (отметить применимые)				Эксплуатационные параметры (предоставляются, если доступны, в противном случае, отметить галочкой, если параметры доступны для получения)				Другие параметры		Дополнительная информация (доступна ли?)				
Данные по системе						Частотно-регулируемый привод				Наработка в часах или % времени работы оборудования				Располагаемая высота столба жидкости		Профиль нагрузки				
Тип насоса (насос МС для материалов средней консистенции, поршневой, вакуумный, центробежный)	Кривая характеристик насоса	Внутренний диаметр/технологическая область насоса	Данные с паспортной таблички насоса	Напряжение		Дросселирование (% открытия, по возможности)	Байпас/рециркуляция	Двухпозиционное регулирование Вкл/Выкл	Более одного насоса/распределенная нагрузка	Без управления	Сила тока	Произшедшее или ожидаемое изменение требований по расходу	Проектный уровень расхода	Рабочий расход	Проектный напор	Рабочий напор	Уровень технического обслуживания (Выс., Ср., Низ.)	Стандартный расход и его изменения	Данные за истекшие периоды	Скрин-шоты РСУ/системы ПИД-регулирования

Приложение Е

(справочное)

Удельная энергия

Е.1 Общие положения

Насосная система предназначена для перемещения определенного объема жидкости из одной точки в другую (в циркуляционных системах эти точки совпадают). Полезной величиной для подсчета стоимости перекачки является удельная энергия E_s , то есть энергия, необходимая для перемещения определенного объема через систему. Данная величина позволяет произвести непосредственный расчет стоимости перекачки при известной стоимости электроэнергии.

Показатель удельной энергии также позволяет сравнивать разные системные решения.

В системах с постоянным расходом, можно легко рассчитать показатель удельной энергии, используя приведенные ниже формулы.

Удельная энергия для систем с постоянным расходом рассчитывается по следующей формуле (Е1)

$$E_s = \frac{P_e \cdot t}{V} = \frac{P_e}{Q} \quad (E1)$$

где:

t время;

P_e входная мощность привода.

В системах с переменным расходом, E_s является функцией расхода (Q), поэтому данная зависимость рассчитывается по-разному.

Для расчета удельной энергии используются параметры насоса, двигателя и привода при разных нагрузках и скоростях, предоставленные производителями обо-

рудования.

Полученный показатель $E_s = f(Q)$ и данные по нагрузке системы используются для расчета эксплуатационных затрат. Разные конфигурации системы могут сравниваться, исходя из количества насосов и различных методов управления.

Е.2 Удельная энергия в разных типах насосных систем

Величину напора насоса можно разделить на статический напор H_s и потери напора на трение H_f . Заменяв $H_s + H_f$ на общий напор, и прибавив КПД привода для систем с регулируемой частотой вращения, получаем следующую формулу для входной мощности:

$$P_e = \frac{Q \cdot (H_s + H_f) \cdot \rho \cdot g}{\eta_{\text{drive}} \cdot \eta_{\text{motor}} \cdot \eta_{\text{pump}}} \quad (\text{E2})$$

Для систем без статического напора и систем замкнутого контура $H_s = 0$.

В таком случае, удельная энергия зависит от показателя потерь напора на трение, который, в свою очередь, зависит от потерь в системе трубопровода (включая дросселирующие клапаны), а также от общей эффективности узла привод-двигатель-насос.

Общая эффективность узла привод-двигатель-насос определяется для каждой рабочей точки. Было замечено, что КПД насоса остается примерно прежним в системах такого типа при изменении частоты вращения, в то время как эффективность узла привод-двигатель может значительно снижаться при снижении нагрузки.

Если кривая характеристик системы меняется при регулировании задвижки, меняется рабочая точка насоса и, соответственно, его КПД.

Удельная энергия для систем со статическим напором определяется следующим образом:

$$E_s = \frac{P_{in}}{Q} = \frac{(H_s + H_f) \cdot \rho \cdot g}{\eta_{\text{drive}} \cdot \eta_{\text{motor}} \cdot \eta_{\text{pump}}} = \frac{H_s \cdot \rho \cdot g}{f_{HS} \cdot \eta_{\text{drive}} \cdot \eta_{\text{motor}} \cdot \eta_{\text{pump}}} \quad (\text{E3})$$

где

$$f_{H_s} = \frac{H_s}{H_s + H_f} \quad (E4)$$

Гидравлический фактор, f_{H_s} , определяет относительный объем статического напора системы.

E_s имеет минимальное значение: $H_s \cdot \rho \cdot g$, которое применяется во всех формулах, равно 100%; потери на трение отсутствуют. Если в системе не установлен частотно-регулируемый привод, то $\eta_{drive} = 1$. Все показатели знаменателя являются функциями расхода, а их значения могут варьироваться в зависимости от рабочей точки. Если используется частотно-регулируемый привод, рабочая точка смещается вдоль кривой характеристик системы.

КПД высокопроизводительного двигателя держится на постоянном уровне – около 30% нагрузки. Тем не менее, снижение эффективности узла двигатель-привод может быть довольно значительным, если нагрузка двигателя падает ниже 75% от общей скорости. Знаменатель: также может рассматриваться как общая эффективность.

Гидравлический фактор $\eta_{drive} \cdot \eta_{motor} \cdot \eta_{pump}$ имеет значение 1, если отсутствуют потери на трение.

Удельная энергия значительно повышается, если рабочая точка смещается в сторону напора при закрытой задвижке в системах со статическим напором, в виду сниженного КПД насоса, двигателя и привода.

В системах с высоким статическим напором, удельная энергия растет при относительно умеренном снижении скорости насоса. В таких системах, область применимости частотно-регулируемого привода может быть увеличена, если кривая характеристик системы и кривая полной скорости насоса будут пересекаться справа от точки оптимального КПД насоса.

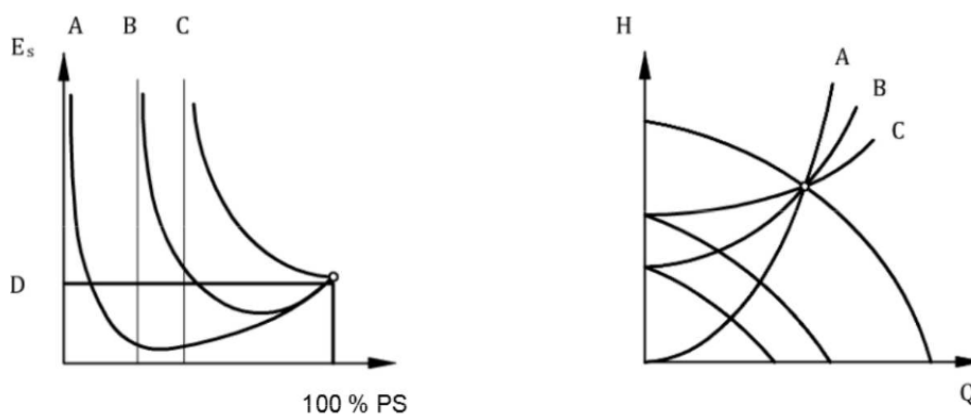
Для расчета стоимости перекачки, показатель удельной энергии рассчитывается для всех характеристик системы или для разных режимов расхода. Дополнив эти данные графиком нагрузки системы, можно определить стоимость

перекачки.

На Рисунке Е.1 показана удельная энергия как функция скорости насоса для трех различных характеристик системы в зависимости от того, присутствует ли в системе статический напор и используется ли частотно-регулируемый привод.

Потенциал экономии довольно большой при низком статическом напоре. И напротив, такой потенциал низкий для систем с высоким статическим напором.

Если скорость достаточно низкая, что приводит к работе насоса при напоре, близком к напору при закрытой задвижке, удельная энергия будет стремиться к бесконечности.



а) удельная энергия как функция скорости насоса

б) характеристики системы

Обозначения:

A статический напор отсутствует; есть потери напора на трение;

B умеренный статический напор;

C высокий статический напор;

D система двухпозиционного регулирования (вкл/выкл) (для информации);

PS скорость насоса.

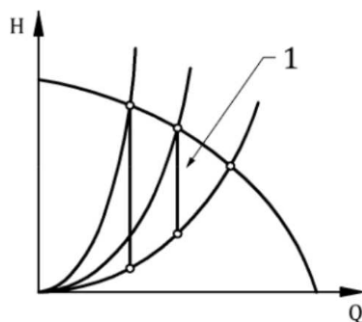
Рисунок Е.1 — Удельная энергия как функция скорости насоса для различных характеристик системы

В случае применения дросселирования, рабочая точка смещается влево по

кривой характеристик насоса, см. Рис. Е.2.

Вертикальные линии на Рис. Е2 показывают потери на дросселирование.

Удельная энергия рассчитывается для каждой рабочей точки. Для этого необходимо поделить входную мощность двигателя на показатель расхода. E_s быстро растет при снижении расхода – см. пунктирную линию на Рис. Е.3.

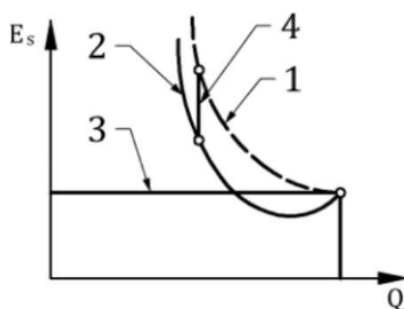


Обозначения:

1 снижение давления в результате дросселирования задвижки.

Рисунок Е.2 – Примеры уровня расхода при дросселировании задвижки

В системе с дросселированием, удельная энергия имеет характеристики, соответствующие пунктирной линии на Рис. Е.3. Удельная энергия в насосной системе с регулируемой скоростью может быть выше, чем в системе с двухпозиционным регулированием (вкл/выкл) и со статическим напором, но ниже, чем в системе с дросселированием, что ведет к экономии энергии.



Обозначения:

1 система с дросселированием;

ГОСТ (проект RU, первая редакция)

2 система с регулируемой скоростью и незначительным статическим напором;

3 система с двухпозиционным регулированием (вкл/выкл).

Примечание – Применение частотно-регулируемого привода повышает энергоэффективность.

Рисунок Е.3 – Сравнение дроссельного регулирования

Приложение Ж (справочное)

Разрушающая мощность насосной системы

Ж.1 Общие положения

Паразитная мощность – это показатель, который может использоваться для определения неэффективных (и ненадежных) насосных систем, для выбора насосов и методов управления, а также для выявления избыточных проектных резервов систем, что позволит обеспечивать высокую эффективность, надежность и продолжительность работы оборудования на всех рабочих диапазонах.

Гидравлическая энергия P_w рассчитывается по формуле (Ж1).

$$P_w = \frac{\rho \cdot Q \cdot g \cdot (H_s + H_f)}{3,6 \times 10^6} \quad (\text{Ж1})$$

где

ρ плотность в килограммах на метр кубический (кг/м^3);

Q расход, выраженный в метрах кубических в час ($\text{м}^3/\text{ч}$) или галлонах в минуту (гал/мин),

g постоянная и равняется $9,81 \text{ м/с}^2$;

H_s статический напор в метрах (м);

H_f потери напора на трение в метрах (м).

Общая мощность, поглощенная валом насоса P_a , выраженная в киловаттах (кВт), рассчитывается по формуле (Ж2).

$$P_a = \frac{P_w}{\eta_p} \quad (\text{Ж2})$$

$$P_w = \frac{\eta_p}{P_a}$$

ГОСТ (проект RU, первая редакция)

где

η_p КПД насоса.

Паразитная мощность, выраженная в киловаттах (кВт), рассчитывается по формуле (Ж3):

$$P_p = (1 - \eta) \cdot P_a \quad \text{и} \quad P_p = P_a - (\eta \cdot P_a) = P_a - P_w \quad (\text{Ж3})$$

где

$$P_a = P_w + P_p$$

Ж.2 Выводы

Ж.3.1 Из формулы (Ж2): чем ниже мощность на валу (P_a), необходимая для достижения определенного состояния (гидравлическая энергия – P_w), тем ниже паразитная мощность, что позволяет продлить срок службы насоса и снизить энергопотребление.

Ж.3.2 Из формулы (Ж1): в указанных условиях, чем выше КПД насоса, тем ниже паразитная мощность, что позволяет продлить срок службы насоса и снизить энергопотребление.

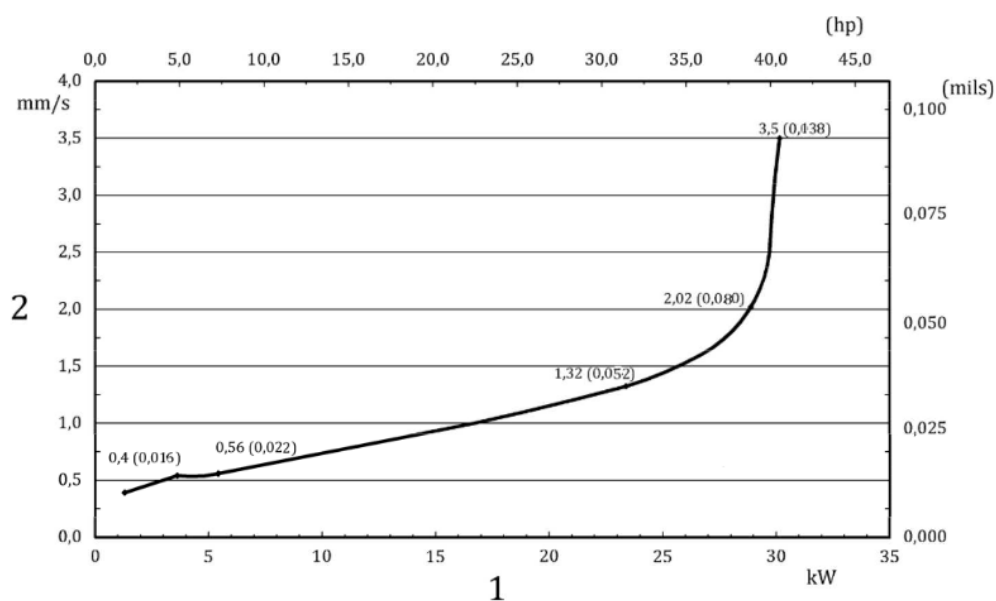
Ж.3.3 Чем ниже потери динамического напора (H_f) в системе, которые должны быть возмещены насосом для достижения заданных условий (гидравлическая энергия – P_w), тем ниже паразитная мощность, что позволяет продлить срок службы насоса и снизить энергопотребление.

Выводы Ж.3.1-Ж.3.3 необходимо учитывать при оценке эффективности и надежности насосной системы.

Ж.3 Зависимость уровня вибрации от показателя паразитной мощности

На Рисунке Ж.1 показаны несколько уровней вибрации в насосе для перекачки керосина при различных уровнях паразитной мощности, рассчитанные для каждого

условия по формуле (Ж1).



Обозначения:

1 паразитная мощность;

2 уровень вибрации.

Рисунок Ж.1 – Примеры кривых характеристик паразитной мощности и вибрации при регулировании скорости в системах с низким статическим напором

С ростом вибрации, растет и паразитная мощность. При низком уровне паразитной мощности, вибрация нарастает медленней. Сверх определенного предела, вибрация начинает асимптотический рост.

Такой асимптотический рост может возникнуть либо при очень низком уровне расхода (рециркуляция), либо при очень высоком уровне расхода (кавитация). В данном примере, вибрация вследствие воздействия паразитной мощности может возникнуть в любой части системы.

Ж.4 Зависимость показателя средней наработкой на отказ от уровня паразитной мощности в насосной системе

С практической точки зрения, целесообразно эксплуатировать насос в

ГОСТ (проект RU, первая редакция)

диапазоне от 80 до 100% оптимального расхода, что позволит добиться высокой эффективности и увеличения времени наработки на отказ. Как правило, наибольшая паразитная мощность возникает при работе свыше 110% оптимального расхода. Насос и система управления должны подбираться таким образом, чтобы обеспечить бесперебойную работу насоса без перехода указанной черты.

В большинстве случаев, такая задача не вызывает сложностей, если применять регулирование скорости. В случае если использование частотно-регулируемого привода не рекомендовано, выбор насоса, расчётный режим работы которого на графике находится справа от точки оптимального КПД, — хороший вариант снижения паразитной мощности при низких уровнях расхода.

П р и м е ч а н и е – Зная уровень паразитной мощности, можно заранее, до того как будет выбрано оборудование и методы управления, предсказать степень жесткости условий эксплуатации насосной системы (которые имеют прямое влияние на уровень энергоэффективности) на всех рабочих диапазонах.

Приложение 3 (справочное)

Пример показателя эффективности насосной системы

3.1 Общие положения

Показатель эффективности насосной системы представляется собой ориентировочную первичную оценку эффективности насосной системы.

Пример показателя эффективности приведен в пункте 3.2 (на примере воды). Аналогичные показатели могут быть выведены для других видов жидкости.

Показатель эффективности представляет собой число от 0 до 100, обозначающее количество энергии, необходимое насосной системе.

Например, если в результате расчетов был получен показатель 36, это означает, что на каждые 100 единиц подаваемой энергии необходимыми являются только 36, а остальные 64 – лишние.

Показатель эффективности может быть применим к:

- насосным системам открытого и замкнутого типа;
- любому типу насосов (центробежные или поршневые);
- любому количеству установленных насосов.

Показатель эффективности можно рассчитать с помощью одного из двух наборов данных:

- текущие данные. Позволяют рассчитать показатель эффективности на момент замера;
- данные за длительный период времени. Позволяют рассчитать показатель эффективности насоса при любых условиях эксплуатации за продолжительный период времени.

3.2 Расчет показателя эффективности насосной системы

3.2.1 В Таблице 3.1 приведены численные и буквенные обозначения, исполь-

зъемые для расчета показателя эффективности.

Таблица 3.1 – Численные и буквенные обозначения, используемые для расчета показателя эффективности

Параметр	Обозначение	Единицы СИ
Показатель эффективности насосной системы	Y_n	-
Расход от места забора до места назначения	Q	л/с
Статический напор (разность высот отметок входа и выхода жидкости)	H_s	м
Пройденное расстояние (самый короткий горизонтальный отрезок расстояния между местом забора и местом назначения)	L	м
Заданная длина	L_1	-
Потери на оборудовании	ΔH	м
Входная мощность установки (электрическая мощность насосной системы в момент замера)	P_e	кВт
Объем, перекачанный от места забора до места назначения за определенный период времени	V	м ³
Статический напор (разность высот отметок входа и выхода жидкости)	H_s	м
Входная мощность установки	кВт-ч	кВт-ч

3.2.2 Режимы перекачки, (а) текущие данные.

Показатель эффективности насосной системы Y_1 можно рассчитать по формуле (31)

$$Y_1 = K_1 \cdot \frac{Q \cdot (H_s + L/L_1 + \Delta H)}{P_e} \quad (31)$$

и

$$L_1 = 43.3 \cdot |Q|^{0.61} \quad (32)$$

где $K_1 = 1,25$

3.2.3 Режимы перекачки, (б) данные за длительный период времени.

Показатель эффективности насосной системы Y_0 можно рассчитать по формуле (33)

$$Y_0 = K_0 \cdot \frac{V \cdot (H_S + L / L_1 + \Delta H)}{P_e} \quad (33)$$

где $K_0 = 0,35$

3.2.4 Режимы замкнутого цикла. При использовании режимов замкнутого цикла, выберите подходящую формулу с (31) по (34). Значение L – минимальное расстояние вокруг контура перекачки, от выхода до входа насоса.

3.3 Толкование результатов

Низкий показатель свидетельствует о возможной проблеме в насосной системе, и потому рекомендуется провести необходимые мероприятия для выявления следующих потенциальных проблем:

- несоответствие параметров насоса потребностям системы;
- работа насоса на значительном удалении от точки оптимального КПД;
- высокая вязкость среды в трубопроводе;
- плохая организация системы управления;
- значительный износ насоса;
- засорение трубопровода/запорной арматуры/соединительных элементов.

Приложение ДА
(справочное)

Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов
ссылочным межгосударственным и национальным
стандартам РФ

Т а б л и ц а ДА.1

Обозначение ссылочного международного стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование соответствующего межгосударственного стандарта
ISO 5199	MOD	ГОСТ Р 54805-2011 (ИСО 5199:2002) «Насосы центробежные. Технические требования. Класс II»
ISO 9905	MOD	ГОСТ Р 54806-2011 (ИСО 9905:2002) «Насосы центробежные. Технические требования. Класс II»
ISO 9908	MOD	ГОСТ Р 54804-2011 (ИСО 9908:1994) «Насосы центробежные. Технические требования. Класс III»
EN 12756	--	*

* До принятия соответствующего межгосударственного стандарта рекомендуется пользоваться переводом на русский язык соответствующего международного стандарта.

Примечание – В настоящей таблице использованы следующие условные обозначения степени соответствия стандартов:

- MOD – модифицированный стандарт;

Библиография

- [1] ISO 50001 – Системы энергетического менеджмента – Требования и руководство по применению;
- [2] ISO/DIS 5002 – Энергетический аудит – Требования и руководство по применению;
- [3] ISO/DIS 50003 – Системы энергетического менеджмента. Требования к органам, проводящим аудит и сертификацию систем энергетического менеджмента;
- [4] API 682 – Системы уплотнения вала для центробежных и роторных насосов, третье издание;
- [5] ANSI/ASHRAE/IES 90.1:2013 – Энергетический стандарт для зданий, исключая малоэтажные жилые постройки, ASME EA-2-2009 – Оценка энергоэффективности насосных систем;
- [6] ASME/TR EA-2G-2010 – Оценка энергоэффективности насосных систем;
- [7] Х.П.Блок – Повышение механической надежности.- Издательство “Gulf Publishing Company”, Техас, 1998 г.;
- [8] Д. Касада – Энергоэффективность и надежность насосов с частотно-регулируемым приводом – 1999 г., материалы конференции Международного центра природоохранной технологии ESL-IE-99/05-09. -Хьюстон, Национальная лаборатория Оук-Ридж;
- [9] Институт “Eugorimp” и Институт Гидравлики – Насосы с переменной скоростью вращения – Инструкция по эксплуатации.- Elsevier Ltd., 2004 г.;
- [10] Институт “Eugorimp” и Институт Гидравлики – Оптимизация насосных систем – Руководство по улучшению энергопотребления, эффективности и прибыльности.- Pump Systems Matter, 2008 г.;
- [11] Мартинс и Лима – Как повысить надежность систем центробежных насосов с

ГОСТ (проект RU, первая редакция)

помощью автоматической настройки насосов на оптимальные рабочие условия, 2008 г., 24-й Международный симпозиум пользователей насосов;

- [12] Мартинс и Лима – Повышение надежности систем с высоким статическим напором с помощью использования частотно-регулируемого привода, 2010 г., 26-й Международный симпозиум пользователей насосов;
- [13] Е.Е.Маттос и Р. Фалько – Промышленные насосы.- Издательство McLklausen, 1998 г.;
- [14] Хьюго Штадлер – Энергосбережение при использовании электроприводов.- Loher Gmbh, Германия, 1998 г.

УДК

МКС 23.080

Г 82

MOD

Ключевые слова: насосы, насосная система, энергоэффективность, оценка

МТК 245 «Насосы»

Председатель

подпись

В.К. Караханьян
инициалы, фамилия

Ответственный секретарь

подпись

Е.В. Солодченков
инициалы, фамилия

Российская ассоциация производителей насосов (РАПН)

Президент,
Кандидат тех.наук

подпись

И.Б. Твердохлеб
инициалы, фамилия

Руководитель разработки,
Исполнительный
директор

подпись

Е.В. Солодченков
инициалы, фамилия

Исполнители:

Эксперт

подпись

О.Г. Шаумян
инициалы, фамилия