
МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СОВЕТ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ, МЕТРОЛОГИИ И СЕРТИФИКАЦИИ
(МГС)

INTERSTATE COUNCIL FOR STANDARDIZATION, METROLOGY AND CERTIFICATION
(ISC)

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ
СТАНДАРТ

ГОСТ 33969-2024
(ISO/ASME
14414:2019)

Энергетическая эффективность

**ОЦЕНКА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ
НАСОСНЫХ СИСТЕМ
(ISO/ASME 14414:2019, MOD)**

Настоящий проект стандарта
не подлежит применению до его принятия



Москва
Стандартинформ
2024

Предисловие

Цели, основные принципы и основной порядок проведения работ по межгосударственной стандартизации установлены в ГОСТ 1.0–2015 «Межгосударственная система стандартизации. Основные положения» и ГОСТ 1.2–2015 «Межгосударственная система стандартизации. Стандарты межгосударственные, правила и рекомендации по межгосударственной стандартизации. Правила разработки, принятия, обновления и отмены».

Сведения о стандарте

1 ПОДГОТОВЛЕН Российской ассоциацией производителей насосов (РАПН) на основе собственного 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 ____ _____ 202__ № ____)

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

ГОСТ (проект RU, окончательная редакция)

4 Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от г. № ____ межгосударственный стандарт ГОСТ 33969-202_ введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с ____ 202_ г

5 Настоящий стандарт модифицирован по отношению к международному стандарту ISO/ASME 14414:2019 «Оценка энергоэффективности насосных систем» (ISO/ASME 14414:2019 Pump system energy assessment) путем:

- исключения по всему тексту методов и примеров расчета показателей энергоэффективности в американской системе единиц измерения;
- замены денежной единицы USD, применяемой при расчетах затрат в исходном международном стандарте, на условную денежную единицу (у.е.);
- исключения раздела "Библиография";
- прочих редакционных изменений.

Обозначения и сокращения на английском языке применяемых в формулах физических величин сохранены в соответствии с исходным текстом стандарта ISO/ASME 14414:2019.

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 имеются в Федеральном агентстве по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт).

Степень соответствия – модифицированная (MOD).

Наименование настоящего стандарта изменено относительно наименования международного стандарта в связи с особенностями построения межгосударственной системы стандартизации.

6 ВЗАМЕН ГОСТ 33969-2016 (ISO/ASME 14414:2015)

ГОСТ (проект RU, окончательная 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, 2024

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

1 Область применения	1
2 Нормативные ссылки.....	2
3 Термины и определения	3
4 Определение полномочий и функций экспертной группы	4
5 Выполнение оценки	11
6 Отчётность и документальное оформление.....	29
Приложение А (обязательное). Содержание отчета.....	30
Приложение В (справочное). Рекомендации по эффективной эксплуатации системы и снижению энергопотребления	37
Приложение С (справочное). Квалификация, опыт и профессиональные навыки экспертов.....	62
Приложение D (справочное). Методические рекомендации по применяемому для анализа программному обеспечению	66
Приложение E (справочное). Пример таблицы данных предварительного отбора ...	68
Приложение F (справочное). Удельное энергопотребление.....	69
Приложение G (справочное). Избыточная мощность насосной системы.....	74
Приложение H (справочное). Показатель эффективности насосной системы	78
Приложение ДА (справочное). Сведения о соответствии ссылочных межгосударственных стандартов международным стандартам, использованным в качестве ссылочных в применяемом международном стандарте	81

Введение

На долю насосных систем приходится значительная часть энергопотребления во многих отраслях промышленности. В большинстве насосных систем энергия, затрачиваемая насосом на перекачивание рабочей среды, значительно превышает требуемую для данного процесса величину. Переданная системе избыточная энергия (например, при дросселировании регулирующим клапаном) приводит к повышенному тепло- и шумообразованию, избыточной вибрации и увеличивает стоимость технического обслуживания. Использование «переразмеренных» (большого типоразмера) насосов приводит к перерасходу энергии в системе. В то же время, увеличение размеров компонентов системы, таких как трубы, клапаны и теплообменники, может привести к снижению энергопотребления.

Настоящий стандарт описывает метод оценки насосных систем, позволяющий определить и количественно оценить возможности снижения их энергопотребления и повышения надежности. В нем дается общее определение того, что представляет собой оценка как для потребителей, так и для поставщиков данных услуг. Цель стандарта – чётко определить виды деятельности, называемые по-разному - энергетической оценкой, энергетическим аудитом, энергетическим обследованием или энергетическим исследованием.

Во всех случаях системы (то есть потребляющие энергию логические группы оборудования, объединённые для выполнения определенной функции) анализируют с помощью различных методов, таких как измерения, в ходе которых выявляют, документируют и определяют в приоритетном порядке возможности улучшения энергетических показателей.

Представители эксплуатирующих насосные системы организаций могут использовать данный стандарт для определения и согласования со сторонним подрядчиком или консультантом требуемого объема работ при заключении договоров на оказание услуг по оценке энергопотребления указанных систем.

Ожидается, что применение настоящего стандарта будет способствовать снижению потребления энергии и, как следствие, уменьшению углеродного следа.

ГОСТ (проект RU, окончательная редакция)

В настоящем стандарте приводятся требования к содержанию отчета об оценке (Приложение А). В нём также приведены примеры эффективной работы системы и возможности снижения энергопотребления (Приложение В), информация о необходимых для проведения аудита компетенциях и опыте (Приложение С), рекомендации по программному обеспечению для анализа (Приложение D), типовая форма опросного листа предварительной оценки (Приложение Е), информация об удельном энергопотреблении (Приложение F), описание концепции излишней (паразитной) мощности (Приложение G) и примеры показателей эффективности насосной системы (Приложение H).

Исходный международный стандарт разработан техническим комитетом ТК 115 «Насосы» Международной организации по стандартизации (ИСО) с учетом требований стандартов ИСО 50001, 50002 и 50003.

М Е Ж Г О С У Д А Р С Т В Е Н Н Ы Й С Т А Н Д А Р Т

Энергетическая эффективность

ОЦЕНКА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ НАСОСНЫХ СИСТЕМ

Energy effectiveness. Pump system energy assessment

Дата введения – ___ _____ 202_ года

1 Область применения

Настоящий межгосударственный стандарт устанавливает требования к проведению и представлению результатов оценки энергоэффективности насосной системы (далее - оценка), при которой рассматривается вся насосная система, от поступающей в неё энергии до выполняемой в результате полезной работы.

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

Настоящий стандарт устанавливает требования:

- к организации и проведению оценки;
- к порядку обработки полученных в ходе выполнения оценки данных;
- к составлению и документальному оформлению отчетов по результатам оценки.

Настоящий стандарт применим к насосным системам открытого и замкнутого типа, широко применяемых на промышленных, ведомственных, коммерческих и муниципальных объектах.

Настоящий стандарт ориентирован на оценку насосных систем с электрическим приводом, которые преобладают на большинстве объектов, но также

ГОСТ (проект RU, окончательная редакция)

может быть применим для других типов приводов, таких как паровые турбины и двигатели.

Настоящий стандарт не содержит:

- информацию относительно проектирования насосных систем;
- детальные требования к уровню квалификации и опыту лиц, использующих данный стандарт, хотя перечень необходимых знаний приведён в Приложении С;
- положения по обучению или сертификации специалистов;
- указания по выполнению разработанных в ходе оценки рекомендаций, но содержит требования к плану дальнейших действий;
- способ измерения и подтверждения экономии энергии, полученной в результате выполнения данных в ходе оценки рекомендаций;
- способы выполнения измерений и проведения поверки (калибровки) используемого в ходе оценки измерительного оборудования;
- методы оценки стоимости внедрения и проведения финансового анализа рекомендаций, разработанных в ходе оценки;
- требования по безопасной эксплуатации оборудования во время оценки. Должностные лица предприятия, ответственные за нормальный режим эксплуатации оборудования, несут ответственность за обеспечение его безопасной работы и на этапе сбора данных в рамках выполнения оценки;
- не рассматривает вопросов защиты прав интеллектуальной собственности, обеспечения её конфиденциальности и безопасности.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ ISO 17769-1-2014 Насосы жидкостные и установки. Основные термины, определения, количественные величины, буквенные обозначения и единицы измерения. Часть 1: Жидкостные насосы

ГОСТ ISO 17769-2-2015 Насосы жидкостные и установки. Основные термины, определения, количественные величины, буквенные обозначения и единицы измерения. Часть 2: Насосные системы

ГОСТ IEC 60034-1-2014 Машины электрические вращающиеся. Часть 1. Номинальные значения параметров и эксплуатационные характеристики

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применимы термины по ГОСТ ISO 17769-1, ГОСТ ISO 17769-2, ГОСТ IEC 60034-1, а также приведённые ниже термины.

3.1 энергопотребление системы (system energy demand)

минимальное потребляемое системой количество энергии, обеспечивающее работу основного и вспомогательного оборудования

3.2 компоненты (components)

отдельное оборудование в составе системы, например насос, двигатель, привод, клапан, теплообменник.

3.3 гидравлическая мощность (hydraulic power, pump power output)

мощность, передаваемая насосом перекачиваемой жидкой среде

3.4 потребляемая электрическая мощность (electrical power input)

электрическая мощность, необходимая для поддержания работоспособности насосной системы

3.5 удельное энергопотребление (specific energy consumption)

энергия, расходуемая на перекачивание определенного объема жидкости в системе

3.6 избыточная мощность (parasitic power)

мощность, подаваемая на вал насоса, которая не расходуется на совершение им

ГОСТ (проект RU, окончательная редакция)

полезной работы по перекачиванию рабочей жидкости в системе.

4 Определение полномочий и функций экспертной группы

4.1 Определение функций экспертной группы

Экспертная группа по оценке энергоэффективности насосных систем (далее – экспертная группа), состоящая из квалифицированных специалистов, должна включать представителей, которые наделены полномочиями и функциями, необходимыми для выполнения следующих задач:

а) Распределение ресурсов в целях:

- выделения финансирования и ресурсов, необходимых для планирования и проведения оценки;
- принятия определяющих решений по выделению ресурсов;
- надзор за возможным участием третьих лиц, включая подписание договоров, составление расписания, соглашений о конфиденциальности и технических заданий.

б) Координация, материально-техническое обеспечение и обмен информацией в целях:

- оказания работниками предприятия, другими лицами и организациями необходимого содействия в ходе проведения оценки;
- участия в формировании экспертной группы и координации взаимодействия с соответствующими специалистами, доступа к необходимым системам и оборудованию предприятия;
- организации, планирования и управления деятельностью по оценке.

4.2 Организационная структура и квалификация участников экспертной группы

Экспертная группа должна включать специалистов различного профиля, в том числе:

- эксперт по анализу насосных систем, квалификация которого отвечает требованиям Приложения С;
- представитель эксплуатирующей организации, который несет общую ответственность за проведение оценки и владеет правами на нее.

В состав группы также должны быть включены:

- эксперты по технологическим процессам и эксплуатации системы;
- эксперты по техническому обслуживанию насосной системы;
- эксперты, владеющие экономической информацией, такой как затраты на электроэнергию, обслуживание системы и т.п.

Экспертная группа может формироваться из числа специалистов эксплуатирующей организации и быть доукомплектована сторонними экспертами с учетом их квалификации.

Эксплуатирующая организация должна назначить руководителя экспертной группы, который может быть, как представителем эксплуатирующей организации, так и сторонним экспертом. В небольших организациях руководителем группы может быть квалифицированный эксперт.

В случае проведения независимой экспертной оценки, работники эксплуатирующей организации не должны участвовать в работе экспертной группы, за исключением оказания помощи в сборе исходных данных для оценки.

4.3 Содействие и поддержка руководства эксплуатирующей организации

Руководство эксплуатирующей организации должно с пониманием относиться к оценке, способствовать ее проведению и дать разрешение своим работникам,

ГОСТ (проект RU, окончательная редакция)

входящим в состав экспертной группы, на участие в необходимом объеме в выполнении оценки.

До начала проведения оценки экспертная группа должна получить письменное согласие руководства эксплуатирующей организации, согласовать необходимое финансирование работ, привлечение требуемых для проведения оценки специалистов и ресурсов эксплуатирующей организации, а также обсудить со специалистами эксплуатирующей организации важность проводимой оценки.

4.4 Обмен информацией

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

4.5 Обеспечение доступа к объектам, персоналу и информации

В ходе выполнения оценки экспертной группе должен быть предоставлен доступ к:

- площадкам и насосным системам производственного объекта, если того требует процедура оценки;
- персоналу объекта (инженерно-техническому, оперативно-ремонтному и пр.), поставщикам оборудования, подрядчикам и другим лицам с целью получения информации, которая может быть существенной и полезной при проведении оценки и анализе данных, используемых для составления отчета;
- другим источникам информации, таким как чертежи, инструкции и руководства по эксплуатации, паспорта и спецификации изделий, ведомости технического обслуживания, протоколы испытаний, счета за коммунальные услуги, данные компьютерного мониторинга и управления, данные с пультов управления оборудованием и автоматизированных рабочих мест операторов, протоколы калибровки.

Вся информация, изначально признанная существенной для выполнения оценки, должна быть получена в процессе обсуждения с квалифицированным персоналом производственного объекта.

4.6 Цели, объем и границы проведения оценки

Общие цели и объем оценки, включая подлежащие данной оценке часть(и) производственного объекта и границы системы, должны быть согласованы экспертной группой на начальном этапе.

По каждой насосной системе экспертная группа должна разработать список конкретных целей, например, повышение эффективности эксплуатации.

4.7 План работ

4.7.1 Общие положения

Первоначальный план действий по оценке должен быть разработан и согласован участниками экспертной группы совместно с ответственными лицами предприятия – собственника системы. Это упростит выполнение данной оценки и сделает понятным для всех участников порядок и особенности её проведения.

План должен быть достаточно гибким и предусматривать различные варианты развития событий в зависимости от получаемых в ходе оценки результатов. Такой план, среди прочего, должен:

- 1) устанавливать цели оценки, в том числе:
 - определять границы системы (см. п.5.4);
 - содержать обзор информации, собранной до начала выполнения оценки;
 - определять всю информацию по системам, которая уже имеется на текущий момент и которую необходимо получить;
 - сбор информации должен начинаться с оценки 1 уровня (см. п.5.1.2).
- 2) определять информационные задачи оценки (см. 5.1), в том числе:
 - объём предстоящей оценки;

ГОСТ (проект RU, окончательная редакция)

- перечень подлежащих оценке систем;
 - перечень доступной информации и необходимые для её сбора действия;
 - информацию, доступную на бумажных носителях (например, оперативные журналы) и в электронном виде (архивы контрольно-измерительных приборов и аппаратуры, автоматизированной системы управления и диспетчеризации предприятия), а также параметры системы, которые необходимо измерить;
 - перечень участников и лиц, ответственных за сбор необходимых данных.
- 3) устанавливать требования к измерениям (см. 5.6), в частности:
- определять, достаточно ли зафиксировать параметры системы в определенный момент времени (Табл.1 - уровень 2), или же необходим сбор информации в течение длительного периода времени (Табл.1 - уровень 3);
 - определять доступность и достоверность показаний стационарного измерительного оборудования.
- 4) устанавливать дополнительные информационные задачи, в частности, определение фактических потребностей технологического процесса (см. 5.4);
- 5) определять методы достижения поставленных информационных задач:
- способы анализа полученных данных с учётом рекомендации Приложения В;
 - выбор применяемых инструментов и программного обеспечения
- 6) определять содержание отчета и распределение обязанностей.

4.7.2 Планирование оценки

Сроки проведения оценки, а также даты и время основных мероприятий и совещаний должны быть согласованы заранее.

Необходимо предусмотреть следующие мероприятия:

- установочное совещание. Проводится непосредственно перед началом выполнения работ по оценке. Цель совещания: определение перечня информации, получаемой в ходе предварительного сбора и оценки исходных

данных (см. 4.8) и согласование графика работ. В ходе совещания участники экспертной группы должны обсудить правила и мероприятия по технике безопасности, применяемые инструменты, методы, необходимое измерительное, регистрирующее и диагностическое оборудование;

- составление ежедневного графика работы на объекте;
- предоставление руководству эксплуатирующей организации периодических докладов в формате промежуточных итогов (по согласованию с экспертной группой);
- итоговое совещание по завершении работ на объекте. Проводится для представления результатов оценки и предварительных рекомендаций (см. 5.8).

Экспертная группа должна корректировать действия с учётом возможных непредвиденных ситуаций, которые могут возникнуть или возникли в ходе выполнения оценки (например, отказ автоматизированной системы учета данных).

4.8 Сбор и оценка исходных данных

4.8.1 Общие положения

Сбор исходных данных (см. 4.7.1 1) и 2)) выполняется перед началом работ по оценке. При сокращении сроков данный этап является необязательным.

ПРИМЕЧАНИЕ. Справедливо для всех этапов оценки.

4.8.2 Первичный опрос специалистов предприятия

Посредством контактов с обслуживающим персоналом и специалистами предприятия экспертной группе необходимо получить информацию о методах эксплуатации, технологических режимах и других особенностях работы, влияющих на энергопотребление оборудования.

Кроме того, экспертная группа должна иметь возможность взаимодействия со специалистами смежных систем предприятия, на которые могут повлиять внесенные в насосную систему изменения.

ГОСТ (проект RU, окончательная редакция)

4.8.3 Данные предыдущих оценок

Экспертная группа должна собрать и изучить информацию по ранее реализованным энергосберегающим проектам, проведённым оценкам, аудитам, имеющимся базовым и целевым показателям оцениваемых насосных систем.

4.8.4 Стоимость энергоресурсов

Экспертная группа должна собрать данные о затратах, включая стоимость электроэнергии за один кВт·ч или другие аналогичные показатели. Необходимо учесть все статьи расходов, такие как плата за установленную мощность, пиковые и почасовые тарифы на электроэнергию, другие расходы системы энергоснабжения до потребителя. При необходимости, соответствующие расходы должны быть отнесены в счет электроэнергии, вырабатываемой на предприятии. Эти показатели должны быть использованы для последующего анализа. В случае выработки электроэнергии на предприятии необходимо учитывать экономию затрат или прибыль от реализации электроэнергии.

Экспертная группа должна установить период, в течение которого указанные затраты будут актуальными.

Необходимо учитывать такие показатели, как плата за установленную мощность и потреблённую электроэнергию, а также тенденции их изменения, не очевидные при использовании средних значений.

На основе указанных данных экспертная группа должна определить среднегодовую стоимость 1 кВт·ч энергии за последние 12 месяцев.

Если на предприятии установлены предельные затраты на электроэнергию, их показатели можно использовать при расчете экономии.

При использовании в качестве привода насосов асинхронных электродвигателей необходимо учитывать показатель стоимости выработки реактивной мощности.

4.8.5 Исходные данные по системе

Экспертная группа должна:

- определить функциональное назначение и технологические требования систем(ы);
- выявить оборудование с высокими показателями энергопотребления;
- определить способы регулирования системы;
- выявить системы с высоким, низким или с отрицательным статическим напором;
- выявить неэффективное оборудование (имеющее явные признаки неисправности или нештатной работы);
- выявить системы с низким показателем средней наработки на отказ, что, как правило, свидетельствует о низкоэффективной эксплуатации (см. рис. В.2).

4.9 Проверка соответствия поставленным целям

Перед проведением оценки экспертная группа должна убедиться в том, что план действий соответствует начальным целям оценки.

План действий и задачи необходимо оценить на предмет актуальности, экономической эффективности и способности привести к желаемым результатам.

5 Выполнение оценки

5.1 Уровни оценки

5.1.1 Общие положения

В зависимости от потребностей принимающей организации выбирается один или несколько уровней оценки, приведенных в таблице 1.

Таблица 1. Уровни оценки

Мероприятия	Уровень 1	Уровень 2	Уровень 3
-------------	-----------	-----------	-----------

ГОСТ (проект RU, окончательная редакция)

Предварительный отбор вариантов	●	●	●
Обход	○	●	●
Выявление систем с потенциалом энергосбережения	●	●	●
Оценка систем с потенциалом энергосбережения	○	●	●
Измерение рабочих параметров в одном типовом режиме эксплуатации	○	●	●
Измерение/регистрация данных систем в различных условиях эксплуатации	X	X	●
<p>● – обязательно; ○ – дополнительно; X – не применяется.</p> <p>Примечания</p> <p>1. Оценка 1-го уровня представляет собой качественное обследование с возможным наличием количественных элементов. Проводится с целью выявления вариантов существенной экономии энергии для последующей оценки, в также для определения заслуживающих наибольшего внимания конкретных систем.</p> <p>2. Оценка 2-го уровня – это количественное обследование, проводимое для определения величин потребляемой энергии и потенциала энергосбережения на основе измерений рабочих параметров в одном стационарном режиме эксплуатации путём выполнения одного набора измерений.</p> <p>3. Оценка 3-го уровня представляет собой количественное обследование, в ходе которого принимаются во внимание изменения требуемых рабочих параметров системы. Измерения проводятся в течение определённого периода времени, длительность которого позволяет зафиксировать различные режимы эксплуатации и соответствующие им наборы измеряемых параметров.</p>			

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

5.1.2 Оценка 1-го уровня

Оценка 1-го уровня включает сбор информации о подлежащих рассмотрению насосных системах и должна начинаться с предварительного отбора.

В ходе предварительного отбора устанавливаются применимые в различных системах методы управления. Необходимо определить, какие системы наилучшим образом подходят для более тщательной оценки. Следует выяснить, повлияют ли изменения в насосной системе на другие системы, тем самым введя ограничения на возможные направления её оптимизации.

При выполнении оценки 1-го уровня необходимо собрать максимально возможное количество информации.

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

Для удобства выполнения предварительного отбора рекомендуется использовать опросный лист, типовая форма которого приведена в Приложении Е.

В целом, предварительный отбор предусматривает следующие действия:

- 1) сортировка насосных систем по мощности привода, годовой наработке и расчётной стоимости энергоресурсов;
- 2) выделение центробежных насосов, эксплуатируемых с постоянной частотой вращения;
- 3) выделение насосных систем с регулированием подачи при помощи задвижки (дросселирования) или линии рециркуляции
- 4) выявление признаков потерь энергии, таких как большая разница между параметрами потребления и подачи, обычно достигаемая за счет применения дросселирующих клапанов и перепускных (байпасных) линий (см. 5.5.5);
- 5) выявление неэффективных насосных систем путём опроса оперативно-ремонтного персонала и проверки журналов технического обслуживания;
- 6) отбор для оценки тех системы, которые с наибольшей вероятностью могут продемонстрировать потенциал энергосбережения.

На основе этой информации экспертная группа должна рассчитать потенциал энергосбережения каждой системы и выбрать те из них, которые соответствуют критериям оценки уровня 2 или 3.

ГОСТ (проект RU, окончательная редакция)

5.1.3 Оценка 2 уровня

Оценка 2-го уровня проводится в том случае, когда очевидно, что наблюдаемые условия эксплуатации являются показательными для работы системы, а их изменения незначительны или отсутствуют.

Оценка 2-го уровня проводится с использованием данных в бумажном или электронном формате, полученных из информационных систем объекта, а также с помощью портативных измерительных устройств. Измерения должны проводиться в течение ограниченного периода времени и фиксировать режимы работы и эксплуатационные параметры непосредственно в момент измерений.

5.1.4 Оценка 3 уровня

Оценка 3-го уровня проводится для насосных систем, в которых условия работы существенно изменяются во времени. При оценке таких систем экспертная группа должна регистрировать данные по их работе за определенный период времени, либо данные, соответствующие крайним рабочим точкам. Данные мероприятия связаны с расширенным проведением измерений (мониторинга) на объекте для обеспечения точного определения условий эксплуатации в различных рабочих точках (т.е. в проектной рабочей точке, в типовом, номинальном, максимальном и минимальном режимах). Мониторинг осуществляется путем подключения датчиков к регистратору данных и записи их выходных сигналов. На объектах, где организовано хранение архивных данных, указанная информация должна загружаться из соответствующей информационной системы.

Таблица 2 - Обязательные и дополнительные данные оценок 1, 2 и 3 уровней

Информация о системе	Уровень оценки		
	1	2	3
Описание объекта	●	●	●

<p>Инвентаризационная опись насосной системы (предоставляется до начала выполнения оценки) в соответствии с параметрами предварительного отбора</p> <ul style="list-style-type: none"> – перечень насосов – описание насосов (с указанием перекачиваемой среды) – тип насоса – назначение насоса – годовая наработка (или % рабочего времени) – способ регулирования, например регулирующая арматура, частотно-регулируемый привод (ЧРП), байпасная линия 	●		
<ul style="list-style-type: none"> – физическое местоположение насоса – данные по установленному двигателю (номинальная мощность, напряжение, частота и ток при максимальной нагрузке) 	○		
Рабочие параметры (включая расход, давление и мощность)	○	●	●
Графические характеристики насоса	○	●	●
Проектная рабочая точка	○	●	●
Кавитация в насосе или системе	●	●	●
Уровень технического обслуживания (низкий, средний, высокий)	●	●	●
Информация по оборудованию (применение, срок эксплуатации, профиль нагрузки, напряжение)	○	●	●
Типовые подачи и диапазоны их изменения	○	●	●
Диаграммы продолжительности (отражающие количество времени, в течение которого величина параметра превышает определенное значение)	○	○	●
Гистограммы (графическое отображение частоты распределения интервалов расхода, напора, мощности или других параметров, таких как положение клапана)	○	○	●
Затраты (такие как техническое обслуживание, эксплуатация, энергобезопасность, капитальные затраты)	○	○	○
Технологические схемы с указанием трубопроводов и КИПиА / скриншоты автоматизированной системы управления	○	●	●

Характеристики привода, отличного от электрического (например паровой турбины)	○	●	●
--	---	---	---

● – обязательно; ○ – дополнительно

5.2 Обход и осмотр

Обход и осмотр необходим для оценки уровней 2 и 3 и может потребоваться для некоторых насосных систем при проведении оценки 1-го уровня.

Обход и осмотр подразумевает тщательное изучение всех особенностей объекта с целью удостовериться, что предоставленная экспертной группе информация отображает фактическую конфигурацию имеющихся систем.

После проведения обхода систем в рамках оценки 2-го и 3-го уровней, необходимо произвести сбор данных, указанных в 5.5, используя приведенные в 5.6 методы.

Необходимо учитывать все компоненты системы и принимать во внимание всю информацию, имеющую к ним отношение, такую как расположение запорно-регулирующей арматуры, мест установки манометров и расходомеров, положения клапанов и т. д.

Во время осмотра следует зафиксировать информацию о методах управления различными системами, в частности, настройки клапанов.

Экспертная группа должна обращать внимание на любые признаки неэффективной работы насосной системы. К таким признакам относятся:

- 1) насосные системы с чрезмерным дросселированием ¹⁾;
- 2) насосные системы с регулированием при помощи контура рециркуляции;
- 3) насосные системы со значительными колебаниями расхода или давления;
- 4) системы с несколькими насосами, в которых количество работающих насосов не зависит от изменения потребностей системы;

¹⁾ Возможный признак высокого уровня избыточной мощности (см. Приложение G).

- 5) системы, обслуживающие несколько конечных потребителей, в которых наименьший потребитель задаёт требуемое давление ¹⁾;
- 6) кавитация в системе ¹⁾;
- 7) насосы, двигатели и трубопроводы с высоким уровнем вибрации и/или шума ¹⁾;
- 8) оборудование с высокими требованиями по техническому обслуживанию (низким показателем наработки на отказ) ¹⁾;
- 9) системы, в которых после изменения функциональных требований не была произведена замена насосов;
- 10) изношенные, поврежденные, подверженные коррозии, деформированные или сломанные рабочие колеса / направляющие аппараты / лопасти, изношенные кольца щелевых уплотнений и корпуса (данная информация по возможности должна быть предоставлена персоналом предприятия);
- 11) засорение трубопроводов или насосов (как правило, для выявления требуются архивные данные за истекшие периоды);
- 12) насосные системы с низким показателем эффективности (см. Приложение Н);
- 13) заклинивание задвижек или протечка клапанов контура рециркуляции;
- 14) системы уплотнений, в особенности высокотемпературные, требующие охлаждения (см. В.4.3);
- 15) недостаточная фильтрации перекачиваемой среды на входе в насос там, где это необходимо.

Помимо этого, рекомендуется обратить внимание на технические отчеты по диагностическим обследованиям для определения технического состояния узлов насосных систем и заключения экспертизы промышленной безопасности о продлении ресурса узлов насосных систем, в случае его выработки.

ГОСТ (проект RU, окончательная редакция)

5.3 Режимы работы системы

Экспертная группа должна определить нормальные, предельные и нештатные режимы эксплуатации системы с учетом границ её эксплуатации, а также распределение этих режимов по времени.

При отсутствии точных данных и невозможности их получения от персонала предприятия, экспертная группа должна провести мониторинг работы системы в течение определенного периода и получить требуемую информацию.

5.4 Определение границ системы и показателей энергопотребления

Экспертная группа должна определить границы и энергопотребление каждой насосной системы, проходящей оценку 2-го и 3-го уровней.

ПРИМЕЧАНИЕ. Если в состав оцениваемой системы входит ряд подсистем, граница такой системы является составной и должна определяться перед началом любых измерений или расчетов.

5.5 Информация, необходимая для оценки эффективности насосной системы

5.5.1 Общие положения

После выбора насосных систем, требующих дальнейшего обследования, необходимо собрать информацию, указанную в пунктах с 5.5.2 по 5.5.6.

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

Экспертная группа должна обеспечить контроль качества при разработке и выполнении плана измерений как последовательного, повторяемого и воспроизводимого процесса.

План проведения измерений должен соответствовать принципам безопасности, прозрачности и надежности.

План проведения измерений должен включать замеры, необходимые для получения базовой величины годового энергопотребления насосной системы. Как правило для этого выполняют мгновенные измерения значений расхода, давления и электрических параметров, а также определяют часы работы системы в различных режимах.

Для проверки правильности полученных данных требуется проведение перекрестного контроля.

5.5.2 Данные двигателя/привода

Исходные данные двигателя и привода могут быть получены с заводской маркировочной таблички (при ее наличии) или из паспорта изделия и включают:

- 1) частоту электросети;
- 2) типоразмер двигателя;
- 3) номинальную частоту вращения двигателя;
- 4) номинальное напряжение двигателя;
- 5) ток полной нагрузки двигателя — (ток двигателя на номинальной мощности);
- 6) номинальную мощность;
- 7) номинальный КПД или класс эффективности (если указан);
- 8) тип и характеристики двигателя;
- 9) тип привода (например частотно-регулируемый, ременная передача, редуктор, прямой привод);
- 10) данные по техническому состоянию двигателя (например оригинальный, перемотанный, замененный).

5.5.3 Данные насоса

5.5.3.1 Центробежные насосы

ГОСТ (проект RU, окончательная редакция)

Данные могут быть получены с заводской маркировочной таблички насоса (при ее наличии) или из имеющейся документации.

При наличии разночтений между информацией с заводской маркировочной таблички и документацией 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) завод – изготовитель;
- 3) серийный номер.
- 4) номер заказчика (по технологической схеме);
- 5) количество ступеней;
- 6) тип привода;
- 7) номинальная частота вращения (об/мин);
- 8) рабочая точка (подача и напор);
- 9) диаметр рабочего колеса (установленного и максимальный);
- 10) графические характеристики насоса (при наличии), включая полный номинальный напор, подачу, мощность, КПД и кавитационный запас;
- 11) ведомости технического обслуживания;
- 12) наличие случаев кавитации или рециркуляции;
- 13) данные о системе уплотнения.

5.5.3.2 Поршневые насосы

Данные могут быть получены с заводской маркировочной таблички насоса (при ее наличии) или из имеющейся документации.

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) завод – изготовитель;
- 3) серийный номер.
- 4) номер заказчика (по технологической схеме);
- 5) описание насоса/номер модели;
- 6) номинальные параметры:
 - частота вращения;
 - давление;
 - температура;
 - мощность.
- 7) данные по системе (условия эксплуатации);
- 8) настройки 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 свойствам перекачиваемой среды относятся:

- 1) название жидкости;
- 2) динамическая вязкость;
- 3) температура;
- 4) плотность:

ГОСТ (проект RU, окончательная редакция)

- 5) наличие твердых частиц и их характеристики;
- 6) давление насыщенных паров при рабочем давлении и температуре;
- 7) процентное содержание свободного газа (при наличии);
- 8) взрывоопасность;
- 9) горючесть.

5.5.5 Детальная информация по системе

К необходимым данным по системе относятся:

- 1) план расположения оборудования (компоновочная схема) насосной системы;
- 2) нестандартные условия эксплуатации;
- 3) схемы трубопроводов и КИП
- 4) способ регулирования насоса:
 - частотно-регулируемый привод;
 - дросселирование (процент открытия дроссельной задвижки при наличии);
 - линия рециркуляции;
 - двухпозиционное управление (вкл./откл.);
 - последовательная или параллельная работа нескольких насосов, распределение нагрузки;
 - регулирование отсутствует.

Для центробежных насосов, необходимо получить следующую дополнительную информацию:

- статический напор и, по возможности, напорную характеристику сети;
- располагаемое значение кавитационного запаса (NPSHA);
- профиль нагрузки. Путем опроса эксплуатационного персонала определить приблизительно годовые, сезонные, еженедельные и ежедневные часы работы при различной подаче.

Для поршневых и плунжерных насосов необходимо получить следующую дополнительную информацию:

- давление в напорном патрубке;
- давление во всасывающем патрубке
- располагаемое надкавитационное давление на входе в насос (NPIPA).

При необходимости следует получить дополнительную информацию по располагаемому кавитационному запасу (для центробежных насосов) и располагаемому надкавитационному давлению на входе (для поршневых насосов).

5.5.6 Данные измерений

5.5.6.1 Электрические параметры

К необходимым электрическим параметрам относятся:

- Потребляемая мощность (кВт) или
- фактические значения напряжения, тока и коэффициента мощности электродвигателя для расчета потребляемой мощности;
- энергопотребление по счетчику (при наличии).

5.5.6.2 Эксплуатационные параметры системы

В ходе оценки необходимо собрать эксплуатационные данные, достаточные для определения направлений распределения энергии в системе. К таким данным относятся:

- величина расхода в каждом контуре системы;
- частота вращения (об/мин) ротора (при необходимости);
- уставки регулирующей арматуры и положения регулирующих элементов;
- уровни и давление подпорного и приёмного резервуара;
- установленное оборудование, находящееся в работе.

5.6 Сбор данных

5.6.1 Данные по системе

Экспертная группа должна, по возможности, определить напорную характеристику гидравлической сети насосной системы. Для большинства систем данную характеристику можно определить с помощью двух различных точек: статического напора при нулевом расходе и одной рабочей точки.

ПРИМЕЧАНИЕ. Характеристика сети необходима для понимания насосной системы в целом и последствий внесения изменений в какую-либо её часть. В некоторых редких случаях характеристику системы определить невозможно, однако можно определить рабочую точку насоса.

Для выполнения соответствующих измерений необходимо установить временную зависимость изменения требуемых параметров сети.

5.6.2 Измерение эксплуатационных параметров насоса и двигателя

В первую очередь необходимо измерить напор, подачу, мощность и определить наработку насоса.

Если условия работы насосной системы постоянны или изменяются во времени незначительно, для оценки данной системы достаточно одномоментно зафиксировать ее эксплуатационные параметры.

Если рабочие параметры системы со временем изменяются, экспертная группа должна принять решение о необходимости продолжительного мониторинга и установить такую его продолжительность, которая позволит охватить все возможные режимы эксплуатации.

При наличии, можно воспользоваться эксплуатационными параметрами из архивной базы данных автоматизированной системы управления предприятия.

В ходе итогового анализа проведённой оценки необходимо оценить погрешности измерений и конечных результатов.

5.6.3 Давление

Измерение давления выполняется с помощью поверенных или калиброванных средств измерения *(в зависимости от применения в сфере или вне сферы государственного регулирования обеспечения единства измерений)*, установленных на прямолинейном участке трубопровода на расстоянии двух диаметров трубопровода от всасывающего / напорного фланца (если таковые имеются).

При определении КПД насоса измерение давления должно проводиться со стороны всасывающего и нагнетательного патрубков как можно ближе к насосу.

Во всех случаях рекомендуется оценить потери напора на участках между точками измерения давления во всасывающем / напорном трубопроводе и самим насосом.

Для точного вычисления напора насоса необходимо принимать в расчёт скорость потока и разность отметок установки измерительных приборов.

5.6.4 Расход

Для оценки эффективности насоса и системы в целом необходимо определить расход перекачиваемой жидкости в системе.

Предпочтительным является прямое измерение расхода с помощью должным образом подобранного, откалиброванного и установленного оборудования.

В тех случаях, когда место измерения может быть подвержено влиянию возмущения потока, рекомендуется проводить независимое измерение расхода с помощью другого устройства или в другом месте.

Аналогичным образом всегда рекомендуется проводить проверку измерений и оценок расхода с использованием независимых методик (см. 5.7).

При необходимости использования портативных расходомеров проверка измерений выполняется путем повторной установки расходомера в резервном

ГОСТ (проект RU, окончательная редакция)

месте, либо с помощью других различных методов измерений. В случае выявления значительных разбросов значений измерения должны считаться недостоверными.

Если по какой-либо причине прямое измерение величины расхода невозможно (ограниченное пространство, геометрия и размеры трубы, особенности перекачиваемой жидкости), её можно оценить с помощью предоставленных изготовителем (поставщиком) кривых производительности насоса, падения давления в элементе трубопровода с известными характеристиками.

Примечание. Метод применим для новых насосов. При длительной эксплуатации паспортные характеристики насоса могут существенно измениться

5.6.5 Потребляемая мощность

Определение потребляемой мощности предпочтительно проводить непосредственно с помощью прямого измерения соответствующим прибором (ваттметр, счётчик электроэнергии и т.п.). Данный метод дает наиболее точные результаты.

Если прямое измерение мощности невозможно, альтернативой является измерение питающего напряжения и силы тока электродвигателя. Потребляемая мощность электродвигателя вычисляется с применением расчетного коэффициент мощности.

В случае применения частотно-регулируемого привода потребляемую мощность необходимо измерять до него.

Электрические измерения должны выполняться только квалифицированными специалистами.

5.7 Перекрёстная проверка

В случае отсутствия возможности прямого измерения необходимого параметра его можно определить с помощью других известных параметров. Например,

- если известно значение напора насоса, то по его напорной характеристике

можно определить значение подачи;

- если известно значение потребляемой электрической мощности, то с применением имеющейся характеристики КПД электродвигателя можно определить мощность на валу насоса. Далее, с помощью мощностной характеристики насоса определить значение подачи;

ПРИМЕЧАНИЕ. Данные методы справедливы для новых насосов. При длительной эксплуатации паспортные характеристики насоса могут измениться.

- известная величина положения задвижки и расхода в сочетании с характеристикой задвижки позволяют оценить потери давления при дросселировании;
- измеренное время наполнения и опорожнения резервуара или колодца наряду с геометрическими размерами позволят определить подачу насоса.

Такие методы вычислений могут применяться для предварительной количественной оценки потенциала снижения энергопотребления, чтобы принять решение о целесообразности дальнейшего исследования.

ПРИМЕЧАНИЕ. Детальное описание различных методов перекрестной проверки выходит за рамки данного стандарта, однако они являются важными инструментами разработки и оценки технических решений.

5.8 Итоговое совещание, представление предварительных выводов и рекомендаций

Представление предварительных выводов и рекомендаций проводится как заключительный этап проведения оценки. На заключительном совещании должен присутствовать весь состав экспертной группы. Во время этой встречи должны быть рассмотрены оставшиеся вопросы и проблемы, возникшие в ходе оценки. Предварительные результаты оценки должны быть официально представлены, включая, но не ограничиваясь следующим:

- обзор использованного метода оценки;

ГОСТ (проект RU, окончательная редакция)

- эффективность оцениваемых(ой) систем(ы) и компонентов;
- предварительные рекомендации по повышению эффективности с указанием ориентировочных показателей экономии энергии и затрат, при их наличии;
- обсуждение рекомендуемых дальнейших действий по анализу систем(ы);
- любые общие наблюдения, комментарии и замечания.

Представленные результаты носят предварительный характер и подлежат дальнейшему анализу и уточнению. Сроки предоставления предварительного и окончательного вариантов отчета устанавливаются по взаимной договоренности.

Детальная информация приведена в Приложении В.

6 Отчётность и документальное оформление

6.1 Окончательный отчет по результатам оценки

После завершения работ по оценке непосредственно на объекте и выполнения всех необходимых этапов анализа данных, результаты оценки должны быть оформлены в виде окончательного письменного отчета в соответствии с Приложением А.

6.2 Данные для проверки третьей стороной

Для того, чтобы проведённый в соответствии с п.5.6 анализ мог быть проверен третьей стороной, отчет и любая другая представленная вместе с ним документация должны содержать достаточный объём полученной в ходе оценки исходной информации. Для полного понимания проверяющими и другими не участвовавшими в ее разработке лицами, документация должна быть структурирована надлежащим образом.

6.3 Проверка итогового отчета членами экспертной группы

Перед завершением итогового отчета члены экспертной группы должны убедиться в полноте и точности указанной в нём информации и, при необходимости, дать свои замечания. После согласования проекта отчета и внесения необходимых изменений экспертная группа должна единогласно утвердить, а затем подготовить и представить окончательный вариант отчета.

Содержание отчета

A.1 Краткое содержание отчета

Раздел содержит краткое изложение и выводы отчета, включая:

- а) общие сведения о предприятии, производимой продукции и энергетических показателях;
- б) цели и объём оценки;
- в) оцениваемая(ые) система(ы) и границы измерений;
- г) годовое энергопотребление;
- д) выявленные возможности повышения эффективности с соответствующей экономией энергии и затрат;
- е) расчётную экономию энергии и затрат;
- ж) перечень рекомендаций по достижению выявленной экономии энергии и затрат.

A.2 Информация об объекте

Раздел включает краткое описание и общие сведения по предприятию и объекту эксплуатации насосной системы, информацию об экспертной группе и объёме проводимой оценки.

A.3 Цели и область применения оценки

В разделе кратко излагаются цели оценки, указываются границы конкретной оцениваемой системы (систем) и причины выбора этих границ. Раздел должен включать общие принципы и методологию, применённые при проведении оценки.

A.4 Описание системы и ее основных параметров

Отчет должен включать подробное описание конкретной системы (систем), для которой(ых) проводилась оценка. В зависимости от оцениваемой системы, описание её функционирования может быть подробным и подкрепляться графиками,

таблицами и схемами системы. Для пояснения работы компонентов системы и их взаимосвязей в отчёт также следует включить имеющуюся сопроводительную документацию.

В разделе должны быть описаны все существенные особенности и проблемы, включая оперативный анализ системы, а также все выявленные передовые методы и процедуры, признанные наиболее эффективными для снижения энергопотребления.

A.5 Сбор данных и проведение измерений

В разделе должны быть описаны методы, используемые для выбора и опроса ключевых специалистов объекта, сбора данных и проведения измерений, в том числе план измерений. Данные, соответствующие оценке уровня 2 и 3 должны включать:

- требуемые рабочие параметры системы и тенденции их изменения в течение года (чертежи, технологические данные);
- полный напор насоса, расход и расчетную характеристику системы;
- данные об энергопотреблении;
- наработку насоса;
- распределение расхода (только для уровня 3);
- информацию о производительности насоса, при наличии;
- измерения или расчёт потерь в системе.

Раздел также должен включать анализ точности данных и необходимости их проверки перед утверждением рекомендованных проектов.

A.6 Анализ данных

Отчет должен включать результаты измерений и анализа данных в соответствии с целями оценки конкретного объекта, техническим заданием и планом выполнения оценки. По результатам выполнения работ все важные аналитические

ГОСТ (проект RU, окончательная редакция)

методы, измерения, наблюдения и результаты анализа данных должны быть задокументированы.

A.7 Базовый уровень годового энергопотребления

При наличии информации отчет должен включать исходные данные по общему годовому энергопотреблению насосной системы. Необходимо описать аналитический метод, использованный для расчёта величины базового годового энергопотребления (см. 5.5.1). Результаты изучения производственных процессов также должны быть приведены.

Отчет должен четко описывать базовые данные в качестве основы для контроля как для плановых, так и внеплановых корректировок. Корректировки рассчитываются на основе определённых физических фактов в отношении изменений физического объекта и производственного процесса. Отчет должен содержать достаточную информацию о функциональном базовом состоянии объекта на момент проведения оценки, чтобы обеспечить основу для контроля изменений исходных величин.

Примечания

1. Плановые корректировки – это корректировки вследствие влияния прогнозируемых определяющих энергопотребление факторов, например, колебания объема производства. Исходные зависимости энергопотребления системы от объема производства и времени четко заданы.
2. Внеплановые корректировки связаны с факторами, изменение которых в краткосрочной перспективе не является предсказуемым. Такими факторами являются размер объекта, конструкция, тип и количество включающих насосные системы производственных линий.

A.8 Определение и приоритетный порядок вариантов повышения эффективности

Путем проведения анализа необходимо определить количественные показатели снижения энергопотребления и экономии затрат при реализации рекомендованных вариантов повышения эффективности. Другие энергетические и

неэнергетические эффекты могут быть показаны при помощи дополнительных расчетов. В отчете должны быть указаны использованные методы и модели расчёта с четким указанием допущений их применения.

Варианты повышения эффективности могут быть реализованы путём улучшения технического обслуживания; повышения эксплуатационных показателей; модернизации и замены оборудования; пересмотра стратегий управления; совершенствования технологического процесса; других действий, снижающих потребление энергии.

В отчете должна быть оформлена и представлена детальная информация о возможностях повышения эффективности, включая подробное описание необходимых для реализации проекта действий. При выборе проектов для реализации, экспертная группа должна распределить имеющиеся варианты повышения эффективности на категории с высоким, средним или низким приоритетом на основе следующих факторов:

- экономия энергии и затрат;
- вероятность достижения прогнозируемой экономии;
- вероятность достижения устойчивой экономии в течение длительного срока;
- влияние на текущий режим эксплуатации;
- необходимость замены или модернизация существующего оборудования;
- сроки и стоимость реализации;
- сложность этапов реализации;

В аналитической части отчета необходимо указать базовые показатели энергопотребления насосной системы и представить варианты экономии энергии.

Для всех уровней оценки анализ базовых показателей энергопотребления и предлагаемые рекомендации должны быть представлены достаточно детально, что

ГОСТ (проект RU, окончательная редакция)

позволит персоналу предприятия получить представление о всех этапах анализа. При использовании программного обеспечения вводимые в него данные должны быть четко определены. При проведении анализа дополнительно могут использоваться электронные таблицы, диаграммы, скрин-шоты программного обеспечения и расчеты. Этапы анализа, принятые допущения и расчеты должны быть представлены в логичном подробном формате, понятном другим инженерно-техническим работникам для проверки третьей стороной в случае необходимости.

В данном разделе могут также рассматриваться другие энергетические и неэнергетические эффекты, такие как оптимизация использования ресурсов, снижение себестоимости единицы продукции, снижение стоимости жизненного цикла и улучшение экологических показателей. Данные выгоды могут быть согласованы руководства предприятия.

ПРИМЕЧАНИЕ. Степень детализации рекомендаций по повышению энергоэффективности для каждого уровня оценки может значительно отличаться.

Как правило, рекомендации разделяются на два типа - рекомендации по эксплуатации и техническому обслуживанию и энергосберегающие мероприятия. Рекомендации, представленные в данном разделе отчета, должны быть расположены в приоритетном порядке с учётом приемлемости для персонала объекта и экономической эффективности. Каждое последующее мероприятие должно развивать эффект экономии от предыдущего рекомендованного мероприятия. Следует отдавать предпочтение проектам, которые могут быть легко реализованы, в отличие от проектов, условием реализации которых является вывод из эксплуатации производственных линий предприятия.

Представление каждого мероприятия должно сопровождаться кратким описанием предлагаемого улучшения и кратким описанием преимуществ. Если необходимо, перед реализацией предлагаемых мероприятий следует рекомендовать проведение оценки более высокого уровня.

Общие наблюдения относительно вариантов энергосбережения для систем,

не относящихся к насосным, должны быть также представлены для обсуждения.

A.9 Рекомендации по внедрению результатов оценки

Подробная информация о возможностях повышения эффективности должна включать последовательность действий, необходимых для реализации выявленных возможностей. Необходимо описать методы уточнения по мере необходимости применяемых в анализе данных и получения достоверных оценок стоимости реализации. Необходимо определить методы оптимизации и поддержания эффективности системы после внедрения принятых мероприятий.

Оценки стоимости реализации вариантов повышения эффективности, разрабатываемые как дополнительные мероприятия, предназначены для отбора или оценки осуществимости и могут также включать подготовку таких показателей, как возврат инвестиций и период окупаемости.

В отчете следует отметить, что прежде чем приступить к выполнению предлагаемых рекомендаций, необходимо провести дополнительный инженерный анализ.

A.10 Приложения

Информацию большого объема, которая не требуется при демонстрации отчета, для обеспечения понятной структуры его основной части рекомендуется приводить в виде приложений. Подробные вспомогательные данные, такие как расчеты энергопотребления, экономии затрат и экономического анализ, должны иметь ссылки и также включаться в приложения к отчету.

Приложение В (справочное).

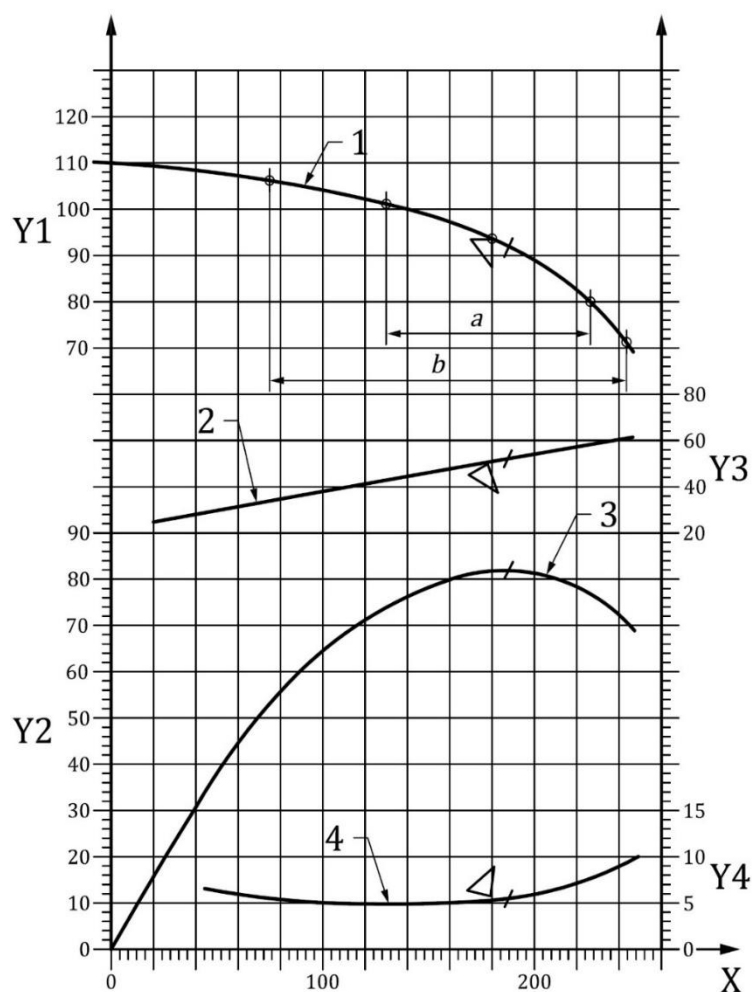
Рекомендации по эффективной эксплуатации системы и снижению энергопотребления

В.1 Общие рекомендации по эффективной эксплуатации системы

Для обеспечения эксплуатации насосов в соответствии с техническими требованиями производителя, их рабочие характеристики должны соответствовать параметрам нагрузки и сопротивления трубопровода.

Для проверки эффективности любой мощной энергетической системы с длительным сроком эксплуатации измерение давления, расхода и мощности в соответствующих точках системы должно производиться регулярно. Это позволит убедиться, что система работает эффективно.

Предпочтительно, чтобы насос работал в точке максимального КПД и, в любом случае, не выходил за пределы допустимого рабочего диапазона, определенного производителем насоса (см. рис. В.1).



Обозначения

X – ось расхода, куб.м/ч

Y1 – ось напора, м

Y2 – ось КПД, %

Y3 – ось мощности, кВт

Y4 – ось NPSH3, м

1 – характеристика напора

2 – характеристика мощности

3 – характеристика КПД

4 – характеристика NPSH3

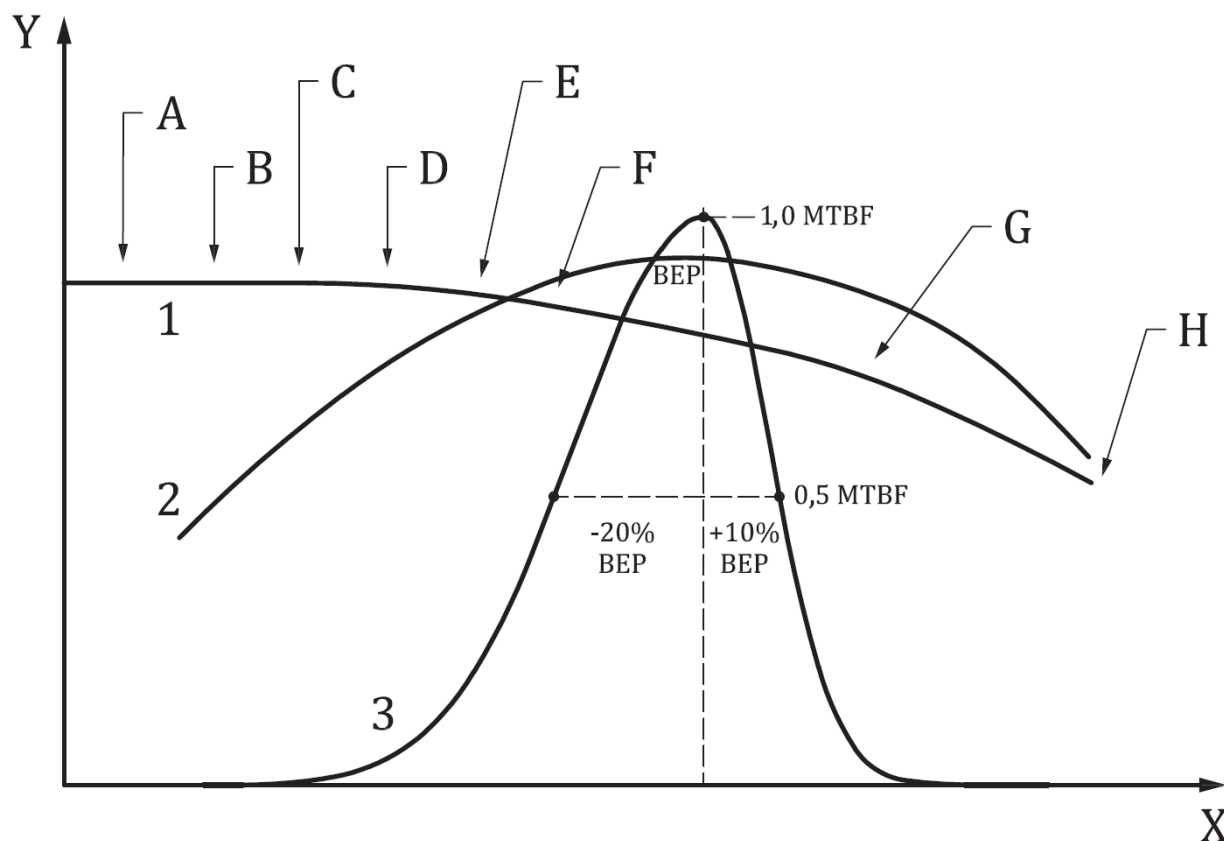
a – Предпочтительный рабочий диапазон.

b – Допустимый рабочий диапазон.

ПРИМЕЧАНИЕ. Высокий КПД насоса не гарантирует высокую эффективность системы, особенно если насос слишком велик по сравнению с потребностями системы.

Рисунок В.1 - Пример графических характеристик насоса и его допустимого рабочего диапазона

Пример графика на рисунке В.2 демонстрирует темпы снижения показателя средней наработки на отказ при отклонении рабочей точки насоса от точки максимального КПД.



A — увеличение температуры; B — кавитация при низкой подаче; C — пониженный ресурс подшипников и уплотнений при низкой подаче; D — сниженный ресурс рабочего колеса; E — рециркуляция на входе; F — рециркуляция на выходе; G — низкий ресурс подшипников и уплотнений; H — кавитация;

1 — напорная характеристика насоса $H(Q)$; 2 — характеристика КПД насоса; 3 — характеристика надежности насоса / MTBF; X — подача в % от подачи в точке BEP; Y — напор в % от напора в точке BEP

MTBF — средняя наработка на отказ (от англ. mean time between failures);

BEP — точка на характеристике насоса, соответствующая подаче, при которой достигается максимальное значение КПД (от англ. best efficiency point).

Рисунок В.2 — Пример кривой надёжности насоса

Как правило, производители оборудования указывают предпочтительный рабочий диапазон в области точки максимального КПД (BEP), а иногда и допустимый рабочий диапазон. Такие диапазоны могут отличаться в зависимости от производителя. Необходимо стремиться обеспечить работу насоса как можно ближе к точке максимального КПД. Отклонение в минус 20 % или плюс 10 % от подачи в точке максимального КПД означает сокращение средней наработки на отказ (MTBF) в два

ГОСТ (проект RU, окончательная редакция)

раза. Для насосов с переменной подачей выбор оптимальной рабочей точки требует детального рассмотрения.

В.2 Управление системой, обеспечивающее её экономную работу

В.2.1 Общие положения

Трёхфазные асинхронные электродвигатели, используемые для привода насосов, должны быть рассчитаны на работу с максимальным или близким к нему КПД для всех режимов эксплуатации (как правило, от 50 % до 100 % нагрузки и от 35 % до 100 % нагрузки для высокоэффективных двигателей в соответствии с IEC 60034). Для других типов приводов рабочий диапазон должен соответствовать рекомендациям производителя.

Необходимо установить правила эксплуатации, технического обслуживания и ремонта.

Рекомендуется организовать ведение и хранение оперативных журналов и архивов учета рабочих параметров, журналов технического обслуживания и ремонта.

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

В.2.2 Рекомендации по управлению системой

Элементы эффективной системы должны использоваться и эксплуатироваться таким образом, чтобы поддерживать высокий уровень её эффективности.

Для систем, длительное время работающих при частичной нагрузке или значительных изменениях производительности, должны быть приняты соответствующие меры для поддержания высокой эффективности работы при любых условиях при наличии технологической и финансовой целесообразности.

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

реализовать план коррекционных действий.

В.2.3 Модернизация и усовершенствование системы

Если в ходе оценки было установлено, что система не соответствует требованиям по эффективности, необходимо провести проверку работы системы и по её результатам составить отчет. Отчет должен включать информацию о текущих режимах работы, методах проверки и анализа данных, описание мероприятий по повышению эффективности, устанавливая ответственность за их реализацию. Отчет должен храниться в доступном месте.

При модернизации существующих насосных систем необходимо определить их основные режимы эксплуатации.

В.2.4 Обвязка насосной системы

Наиболее эффективным методом снижения потерь на трение, позволяющим уменьшить энергопотребление, обычно является увеличение внутреннего диаметра трубопровода. Например, при турбулентном течении жидкости, увеличение диаметра трубы на 10 % позволяет снизить потери на трение приблизительно на 60 %. Скорость потока должна быть настолько низкой, насколько это практически возможно с учетом содержания в перекачиваемой среде взвешенных веществ.

Для уменьшения гидравлических потерь количество поворотов трубопровода должно быть сведено к минимуму. Радиус кривизны поворотов должен иметь максимальное экономически обоснованное значение. Минимальный радиус кривизны должен быть в 1,4 раза больше диаметра трубопровода.

Следует избегать резких изменений диаметров. Рекомендовано применять диффузоры.

При выборе компонентов системы следует учитывать необходимость минимизации потерь на трение для всего применяемого оборудования. Оборудование должно быть предназначено для работы с перекачиваемой жидкостью.

ГОСТ (проект RU, окончательная редакция)

Высота отметки уровня свободной поверхности жидкости и давление в резервуаре влияют на статический напор системы, который по возможности необходимо минимизировать.

ПРИМЕЧАНИЕ. Необходимо понимать, что расчет насосной системы является комплексной задачей и приведенные выше рекомендации необходимо соотносить с другими технологическими требованиями системы. Например, увеличение диаметра с целью снижения потерь приводит к увеличению стоимости трубопровода и запорно-регулирующей арматуры, увеличению массы системы и т.д., а минимально допустимая скорость потока при перекачивании жидкостей, содержащих твердые частицы, определяется условием выноса твердых частиц.

В.3 Общие причины и способы устранения избыточного энергопотребления центробежных насосов

В.3.1 Общие положения

Перед применением того или иного метода анализа, очень важно четко определить параметры системы и различия между их проектными и фактическими значениями, и только после этого приступать к оценке вариантов снижения энергопотребления.

Следует понимать, что после изменения физических или эксплуатационных параметров характеристики системы могут измениться, что повлечет изменение требуемых рабочих параметров системы и необходимость в повторном анализе. При каждом последующем изменении системы существует возможность переопределения её оптимальных эксплуатационных параметров.

В.3.2 Снижение потерь напора системы

Ниже приведены примеры способов снижения напора в системе. Этот перечень не является исчерпывающим. В нём приведены проверенные на практике наиболее распространенные варианты:

- 1) исключить/сократить неоправданное дросселирование и/или рециркуляцию;

- 2) провести очистку или техническое обслуживание засоренных элементов, таких как теплообменники, очистить отложения и накипь. Принять меры по снижению их образования в трубах, теплообменниках и рабочих компонентах;
- 3) отсечь линии, ведущие к вспомогательному или нерабочему оборудованию;
- 4) обеспечить правильный режим заполнения и деаэрации приподнятых участков трубопровода;
- 5) избегать использования воздушного зазора между подающим трубопроводом и приемным резервуаром, если он не требуется;
- 6) поддерживать величину подачи в системе не более требуемого значения;
- 7) при перекачивании вязких жидкостей поддерживать проектную температуру;
- 8) отделить вспомогательные системы, требующие незначительного расхода при напоре, который намного превышает требуемый напор основной системы.

В.3.3 Снижение расхода в системе

Ниже приведены варианты снижения расхода жидкости в системе. Перечень не является исчерпывающим. В нём приведены проверенные на практике наиболее распространенные варианты:

- 1) поддерживать оптимальную разность температур в теплообменнике и, по возможности, учитывать его расчетный КПД;
- 2) исключить ненужные трубопроводы, линии рециркуляции насоса и перепускные клапаны, обратные клапаны, клапаны минимального расхода;
- 3) снизить до минимально допустимого уровня расход в периодических процессах закачки и опорожнения, не допуская при этом неприемлемых изменений технологического процесса;
- 4) отключать насосы при отсутствии необходимости в перекачке.

В.3.4 Обеспечение максимально эффективной работы компонентов

Показатели эксплуатационной эффективности компонентов насосной системы могут значительно отличаться в зависимости от того, на каком участке своей характеристики они работают. Как правило, двигатели должны работать на горизонтальном участке кривой КПД. Для центробежных насосов оптимальной

ГОСТ (проект RU, окончательная редакция)

является эксплуатация вблизи точки максимального КПД (см. Рисунок В.2). Эксплуатация в режимах, значительно отличающихся от точки максимального КПД, существенно снижает эффективность и надежность насоса.

Необходимо учитывать значительные различия эффективности разных типов электродвигателей и других приводов.

ПРИМЕЧАНИЕ. Избыточное потребление энергии системой может быть вызвано работой установленного оборудования со значительным отклонением от точки максимального КПД. Существует множество вероятных причин. Большинство из них связаны с отклонениями от проектных режимов и изменением требуемых параметров системы, что во всех случаях приводит к снижению эффективности. Некоторые из наиболее распространенных факторов приведены ниже.

- Большое количество неопределенностей на начальном этапе проектирования системы и до начала ее эксплуатации. Выбор оборудования производится по стандартной схеме, что в сочетании с эксплуатационными коэффициентами и расчетными запасами часто приводит к увеличению размеров систем сверх необходимых;
- Проектирование систем под завышенные требования;
- Фактические потребности системы значительно отличаются от производительности насоса. Это отрицательно сказывается как на эффективности системы, так и на ее надежности;
- Изменение режимов работы системы, вызванное изменениями потребностей, износом системы или заменой того или иного компонента или оборудования;
- Отсутствие понимания того, что энергопотребление может составлять основную долю эксплуатационных затрат. Ошибки на стадии принятия инвестиционных решений, связанные с установкой оборудования с более высокой стоимостью жизненного цикла, чем это возможно.

В.3.5 Изменение времени работы насосной системы

Варианты, основанные на изменении времени 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, в которых тарифы на электроэнергию варьируются в зависимости от времени использования или применяется тариф с оплатой за установленную мощность;
- системы, работающие при остановленном основном технологическом процессе. Например, при отсутствии необходимости в перекачке вместо отключения насоса часто применяется контур рециркуляции;
- системы с несколькими параллельно работающими насосами, в которых применяется большее количество насосов, чем фактически необходимо исходя из технологических потребностей.

Хорошим способом оценки потенциала повышения эффективности насосного оборудования является мониторинг его удельного энергопотребления (см. Приложение F).

В подавляющем большинстве случаев, производительность насоса превышает фактические потребности системы. Это особенно актуально для процессов, связанных с хранением объёмов жидкости: заполнение резервуаров на промышленных предприятиях и муниципальных объектах, откачка воды из приёмных резервуаров и колодцев, подача воды из скважин. Запуск и остановка насоса происходят автоматически при достижении определенного уровня жидкости в резервуаре, баке или колодце. Снижение подачи приведет к повышению наработки, но, одновременно, повлечет за собой экономию вследствие снижения потерь на трение.

В объектах со значительными изменениями водопотребления снижение подачи может привести к снижению потребляемой мощности и затрат на энергоносители, что не всегда ведет к экономии электроэнергии.

ГОСТ (проект RU, окончательная редакция)

На многих предприятиях насосы работают сверх необходимого времени. Примером является параллельная работа нескольких насосов, перекачивающих жидкость в превышающем фактически потребности объеме. Это не редкость для систем, в которых используются градирни и охлаждающие теплообменники. Операторы не выключают насосы тогда, когда их работа более не требуется, и оставляют их в рабочем состоянии, когда потребности в них нет совсем. Данную ситуацию можно распознать, измерив разность температур на градирне/теплообменнике. Если разность температур ниже оптимальной, расход слишком высокий. В этом случае можно отключить один или несколько насосов, либо снизить их производительность путём изменения частоты вращения.

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

В.4.1 Расчет энергопотребления системы до и после модернизации. 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 работы, а также путем обеспечения работы компонентов системы в оптимальных режимах.

Гидравлическая мощность, передаваемая насосом жидкости, рассчитывается по формуле (В.1).

$$P_u = \frac{Q \cdot H \cdot \rho}{367000} \quad (\text{В.1})$$

где P_u - гидравлическая мощность, передаваемая насосом, кВт;

Q - подача насоса, выраженная, м³/ч;

H - напор насоса при подаче Q , выраженный, м;

ρ - плотность перекачиваемой жидкости, кг/м³;

ПРИМЕЧАНИЕ. Численный коэффициент, равный 367000, учитывает нестандартные

размерности входящих в выражение физических величин, а также численное значение ускорения свободного падения $g = 9,81 \text{ м/с}^2$, которое находится в числителе представленного выражения.

Электрическая мощность P_e , необходимая для поддержания работы системы, рассчитывается по формуле В.2.

$$P_e = \frac{P_u}{\eta_p \eta_M \eta_D} \quad (\text{В.2})$$

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, выполняют следующие действия:

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

Оптимизацию можно выполнить, используя существующее оборудование. При замене оборудования возможно получение дополнительной экономии.

В.4.2 Примеры

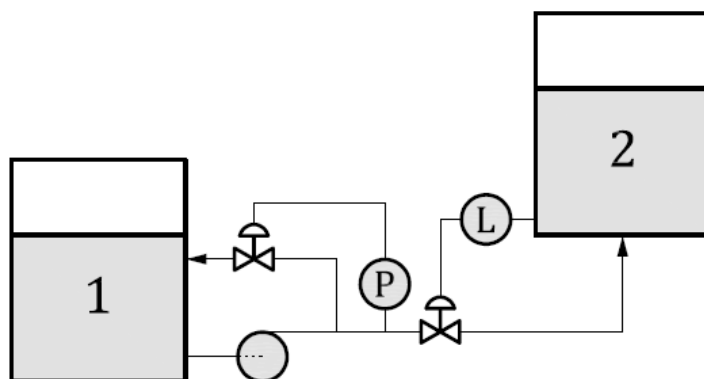
Представленные примеры демонстрируют расчеты для определения

- базового (до модернизации) энергопотребления системы;
- энергопотребления после улучшения технологического процесса;
- энергопотребления системы после замены ее компонентов.

На Рисунке В.3 показана система перекачки жидкости из резервуара А в резервуар Б. Контур рециркуляции позволяет поддерживать постоянное давление на выходе насоса. Регулирующий клапан с настроенным на требуемое давление датчиком уровня, поддерживает постоянный уровень жидкости в резервуаре Б. Привод насоса

ГОСТ (проект RU, окончательная редакция)

от двигателя осуществляется напрямую.



1 — резервуар А, 2 — резервуар Б, P — датчик давления, L — датчик уровня

Рисунок В.3 — Пример упрощенной технологической схемы

Характеристика насоса приведена на рисунке В.4.

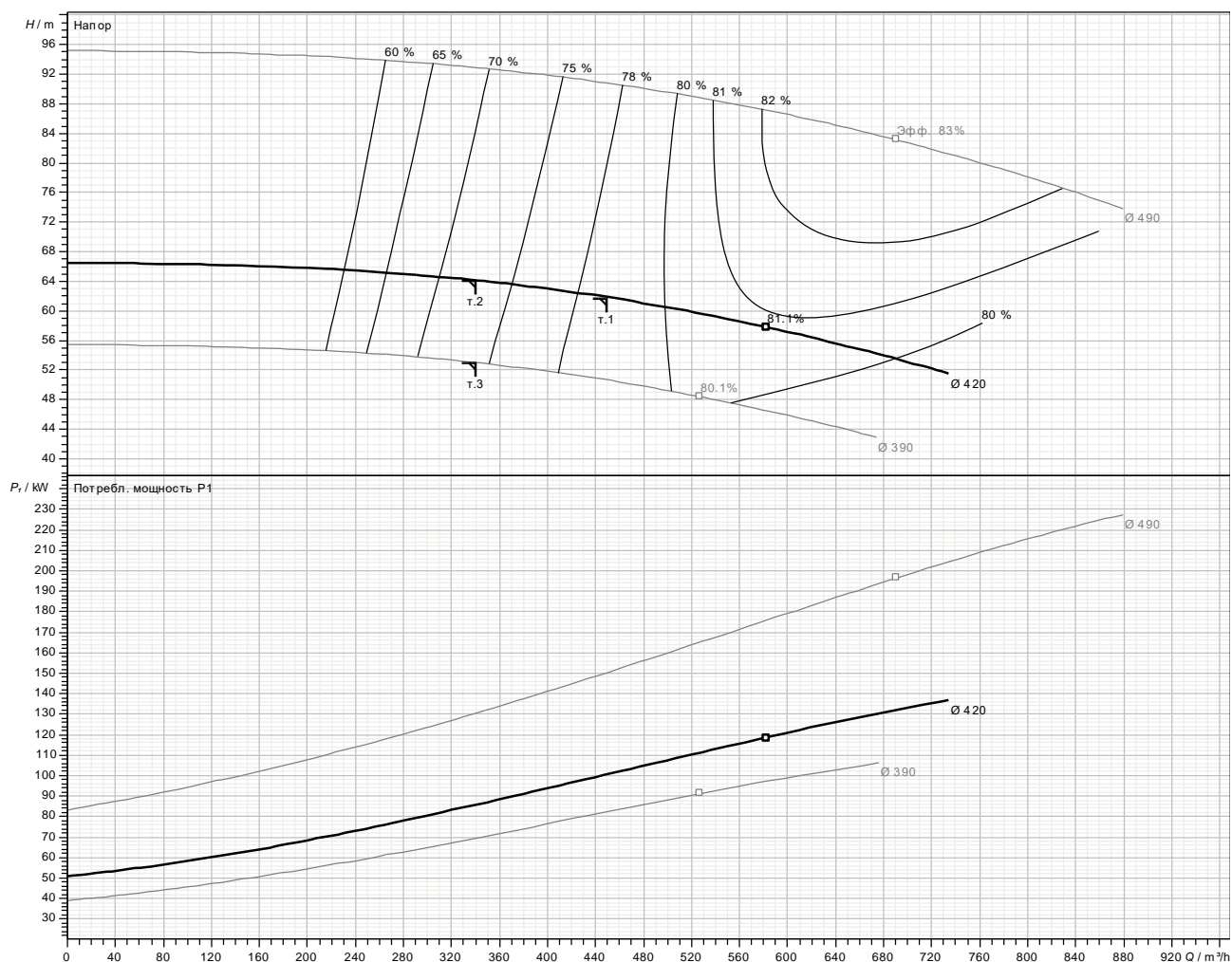


Рисунок В.4 — Рабочая характеристика насоса до модернизации

Исходные данные для расчета:

- перекачиваемая среда: вода, температура 20 °С, плотность 998,3 кг/м³;
- стоимость электроэнергии 0,10 у.е./кВт·ч;
- КПД электродвигателя: 95,8 %;
- наработка насосной системы: 70% или 6132 ч/год.

Расчёт энергопотребления и годовых эксплуатационных расходов для нижеприведённых вариантов.

В.4.2.1 Базовая насосная система (до модернизации)

- измеренная подача насоса: 450 м³/ч;
- измеренные значения расхода: 340 м³/ч в резервуар 2; 110 м³/ч в контуре рециркуляции;
- измеренный общий напор насоса: 61,8 м;

Потребляемая мощность, рассчитанная по формулам (В.1) и (В.2), составляет 99,8 кВт.

Годовые эксплуатационные расходы на электроэнергию (АОС) определяются с помощью формулы В.3:

$$АОС = 99,8 \text{ кВт} \cdot 6132 \frac{\text{ч}}{\text{год}} \cdot 0,10 \frac{\text{у. е.}}{\text{кВт} \cdot \text{ч}} = 61\,215 \frac{\text{у. е.}}{\text{год}} \quad (\text{В. 3})$$

Определение требуемого расхода системы.

Анализ имеющихся данных указывают на следующее:

- текущий требуемый расход системы составляет 340 м³/ч;
- расход через байпасную линию в объеме 110 м³/ч в целях экономии может быть исключён.

В.4.2.2 Модернизированная насосная система без замены её компонентов

Устранение расхода через линию рециркуляции даёт следующие результаты (точка т.2 на рис В.4):

- подача 340 м³/ч;

ГОСТ (проект RU, окончательная редакция)

- напор: 64,1 м;
- КПД насоса: 72,8 %.

Потребляемая мощность, рассчитанная по формулам (В.1) и (В.2), составляет 85,0 кВт. Годовые эксплуатационные расходы на электроэнергию составляют: 52 124 у.е.

В.4.2.3 Насосная система с изменениями в конструкции насоса

Путём анализа имеющихся данных может быть достигнута дополнительная экономия:

- перепад давлений на регулирующей задвижке может быть снижен;
- подрезка рабочего класса с 420 мм до минимально допустимого диаметра 390 мм снижает напор до 53,0 м при подаче 340 м³/ч и КПД 74,2 % (точка т.3 на рис В.4):.

В этом случае потребляемая мощность насосного агрегата составит 69,0 кВт. Годовые эксплуатационные расходы составляют 42 285 у.е.

В.4.2.4 Насосная система с учетом дополнительных компонентов

Установка частотно-регулируемого привода позволяет снизить напор насоса до требуемой для обеспечения расхода 340 м³/ч величины и дает следующие результаты:

- Напор насоса: 47 м при частоте вращения ротора 1282 об/мин;
- КПД насоса: 76,1 %.

Потребляемая мощность, рассчитанная по формулам (В.1) и (В.2), составляет 62,8 кВт. Годовые эксплуатационные расходы: 38 486 у.е.

В.4.2.5 Установка нового насоса в соответствии с текущими потребностями

- расход 340 м³/ч;
- напор: 47 м;
- КПД насоса: 85 %;

- КПД двигателя: 95,8 %.

Потребляемая мощность, рассчитанная по формулам (В.1) и (В.2), составляет 53,4 кВт. Годовые эксплуатационные расходы: 32 733 у.е.

В таблице В.1 приведены итоговые расчетные данные по снижению энергопотребления.

Т а б л и ц а В.1 - Итоговые результаты

Состояние ¹⁾	Подача, м ³ /ч	Напор, м	КПД насоса, %	Потребляемая мощность, кВт	Расходы на электро- энергию, у.е.
Базовая насосная система	450	61,8	79,1	99,8	61 215
Устранён расход через линию рециркуляции	340	64,1	72,8	85,0	52 124
Подрезано рабочее колесо	340	53,0	74,2	69,0	42 285
Установлен частотно-регулируемый привод ²⁾	340	47,0	76,1	62,8	38 486
Новый насос	340	47,0	85,0	53,4	32 733
¹⁾ Для всех примеров были использованы следующие параметры системы: температура воды 20 °С. КПД двигателя 95,8 %, стоимость электроэнергии 0,10 у.е. / кВт·ч, наработка 6132 ч/год. ²⁾ КПД частотно-регулируемого привода в соответствии со спецификацией производителя составляет 95,0 %.					

В.4.3 Вспомогательные системы

Система уплотнения может быть еще одной причиной чрезмерного энергопотребления. Использование неподходящего уплотнения или систем обеспечения работоспособности уплотнения может привести к избыточному потреблению энергии и другим затратам. Рекомендуется проверка системы специалистом (см. пример ниже).

Уплотнительный узел (торцовое уплотнение и системы обеспечения его работоспособности) расходует часть подведенной к насосу энергии из-за наличия сухого и вязкого трения в уплотнительной камере, а также ввиду затрат энергии на системы обеспечения работоспособности уплотнения. В некоторых случаях энергопотребление вспомогательных систем может быть равным или превышать энергопотребления привода насоса.

В Таблице В.2 приведен пример качественной оценки энергетического влияния

ГОСТ (проект RU, окончательная редакция)

различных широко распространённых планов обвязки торцовых уплотнений (см. ГОСТ 32600).

**Т а б л и ц а В . 2 — Оценка энергетических потерь
основных схем торцовых уплотнений по ГОСТ 32600**

Компоновка	План ГОСТ 32600	Описание	Потери эффективности			Комментарии
			Тепловые ^{а)}	Электрические ^{б)}	воды ^{в)}	
Одинарные картриджные уплотнения и внутренняя пара двойного торцового уплотнения без давления	01	Внутренняя циркуляция из корпуса насоса в камеру уплотнения	0	2	0	
	02	Тупиковая уплотнительная камера без циркуляции	0	1	0	Возможны потери тепловой энергии и расход воды, если камера уплотнения имеет охлаждающую или нагревательную рубашку
	11	Циркуляция из полости нагнетания в сальниковую камеру через дросс. отверстия	0	2	0	
	13	Обратная циркуляция из упл. камеры в зону всаса насоса	0	2	0	
	14	Комбинация планов 11 и 13	0	2	0	
	21	Циркуляция из полости нагнетания в камеру через теплообменник	3	2	1	Возможно потребление большого количества тепловой энергии при необходимости охлаждения рабочей среды
	23	Принудительная циркуляция в уплотнительной камере через теплообменник	2	1	1	Наиболее эффективен, когда требуется охлаждение рабочей среды
	31	Циркуляция от нагнет. в упл. камеру через циклонный сепаратор	0	2	0	
	32	Подача чистой жидкости от внешнего источника в упл. камеру	3	1	3	Может потреблять наибольшее количество тепловой энергии для восполнения тепла технологической жидкости, потерянного при закачке более холодной внешней жидкости. Если план 32 используется в холодном применении, то тепловое воздействие отсутствует

а) Потери тепла связаны с охлаждением промывочной или барьерной жидкости, потерей и восстановлением технологического тепла и энергии, необходимой для разделения разбавителей.
 б) Электрические потери связаны с поглощением дополнительной электроэнергии поверхностью уплотнения (значение 1) и ослаблением расхода насоса из-за рециркуляции (значение 1).
 в) Потери воды связаны с расходом воды на эксплуатацию обвязки. Вместо охлаждающей воды можно использовать воздушное охлаждение.

- 0 не влияет на КПД
 1 незначительное влияние на КПД
 2 умеренное влияние на КПД
 3 существенное влияние на КПД

Т а б л и ц а В . 2 (п р о д о л ж е н и е)

Компоновка	План АРІ	Описание	Потери эффективности			Комментарии
			Тепловые ^{а)}	Электрические ^{б)}	воды ^{в)}	
	41	Циркуляция от нагнет. насоса в уплотнение через циклонный сепаратор и теплообменник	3	2	1	Может потреблять большое количество тепловой энергии при необходимости охлаждения рабочей среды
	62	Непрерывная подача и слив охлаждающей жидкости в дренажную систему предприятия	1	1	1	При наличии швов, тепловые потери могут быть значительными при отсутствии соответствующего контроля
Двойное уплотнение картриджного типа с подачей затворной жидкости под давлением	53	Подача затворной жидкости из резервуара с давлением	1	1	1	Может потреблять мало тепловой энергии, когда температура рабочей среды выше, чем температура затворной жидкости
	54	Циркуляция затворной жидкости от внешнего источника	2	2	2	
	74	Система подачи затворного газа под повышенным давлением	0	0	0	Электрическая энергия, потребляемая при обработке азотного барьерного газа, считается незначительной
Двойное уплотнение картриджного типа с подачей затворной жидкости под атмосферным давлением	52	Подача затворной жидкости из резервуара без давления и принудительной циркуляции	1	1	1	Может потреблять мало тепловой энергии, когда температура рабочей среды выше, чем температура затворной жидкости
	72/75/76	Подача затворного газа для уплотнений 2 конфигурации. Давление затворного газа ниже, чем давление на технологической стороне уплотнения	0	0	0	Электрическая энергия, потребляемая при обработке азотного барьерного газа, считается незначительной

- а) Потери тепла связаны с охлаждением промывочной или барьерной жидкости, потерей и восстановлением технологического тепла и энергии, необходимой для разделения разбавителей.
 б) Электрические потери связаны с поглощением дополнительной электроэнергии поверхностью уплотнения (значение 1) и ослаблением расхода насоса из-за рециркуляции (значение 1).
 в) Потери воды связаны с расходом воды на эксплуатацию обвязки. Вместо охлаждающей воды можно использовать воздушное охлаждение.

- 0 не влияет на КПД
 1 незначительное влияние на КПД

2	умеренное влияние на КПД
3	существенное влияние на КПД

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 шламового насоса с односторонним всасыванием, консольного типа с установкой на лапах, который перекачивает черный щепок на целлюлозно-бумажном предприятии при температуре 75 °С. Частота вращения вала насоса составляет 3600 об/мин, диаметр вала — 50 мм, давление в уплотнительной камере — 0,345 МПа, мощность привода насоса — 37 кВт. Самым распространенным методом уплотнения вала является установка уплотнительного кольца или одинарного торцового уплотнения (план 32), с промывкой чистой водой при температуре 10 °С и расходе 1,9 л/мин в обоих случаях. *Потребление энергии за вычетом потерь такой системы уплотнения составляет 84 кВт*, в первую очередь из-за необходимости нагрева и испарения понижающей вязкость присадки в ходе процесса выделения и очистки продукта, выполняемого с помощью промывки. Альтернативной системой уплотнения для такого технологического процесса с участием щелока является использование двойного торцового уплотнения (API план 54), что обеспечит циркуляцию чистой затворной жидкости через полость между внутренним и наружным уплотнением. Использование такого метода уплотнения позволяет снизить энергопотребление системы уплотнения до 3,9 кВт и дает экономию в 80,1 кВт. Даже если переход к двойному торцовому уплотнению не оправдан с практической точки зрения, снижение расхода промывочной жидкости можно получить с помощью установки втулки с малым зазором или изменением места установки уплотнительного кольца. Это позволит снизить расход до 0,4 л/мин при одновременном снижении энергопотребления на 67 кВт.

В.5 Примеры расчетов основных вариантов снижения энергопотребления объёмных насосов

В.5.1 Общие положения

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

Соответствие производительности объёмного насоса требованиям технологического процесса обеспечивает оптимальное энергопотребление.

При оценке систем объёмных насосов необходимо учитывать следующее:

- объёмные насосы, работающие с постоянной скоростью, представляют собой устройства с постоянной подачей;
- подача изменяется при изменении вязкости и давления, вызванных «скольжением», то есть внутренним перемещением жидкости внутри насоса из области высокого давления в область низкого давления. Скользящий поток незначительный и может не учитываться при оценке энергоэффективности системы;
- изменение значения подачи вследствие изменения давления нагнетания проявляется гораздо менее заметно по сравнению с центробежными насосами;
- к объёмным насосам применимы следующие правила:
 - подача напрямую зависит от частоты вращения;
 - потребляемая мощность напрямую зависит от частоты вращения;
 - перепад давлений определяется гидравликой системы;
 - подача и мощность увеличиваются при повышении вязкости;
- объёмные насосы создают требуемое системе давление, поэтому холостой ход и дросселирование не должны применяться. В целях безопасности необходима установка устройства для сброса давления на выходе из насоса, что не должно

ГОСТ (проект RU, окончательная редакция)

сказываться на энергопотреблении, если размер устройства подобран правильно и рециркуляция через предохранительный клапан отсутствует;

- объёмные насосы не создают напор, а их параметры рассчитываются непосредственно на основании разности давлений, а не напора.

Соотношение напор—давление можно рассчитать по формуле В.4:

$$P = H \cdot \rho \cdot g \cdot 10^{-5} \quad (\text{В.4})$$

- где P — давление, бар;
 H — напор, м;
 ρ — плотность, выраженная в килограммах на кубический метр, кг/м³;
 g — ускорение свободного падения, равное 9,81 м/с².

Гидравлическая мощность, передаваемая насосом жидкости, рассчитывается по формуле:

$$P_u = \frac{Q \cdot \Delta p}{36} \quad (\text{В.5})$$

- где P_u — гидравлическая мощность, передаваемая насосом потоку жидкости, кВт;
 Δp — перепад давлений, бар;
 Q — подача насоса, м³/ч.

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

$$P_e = \frac{P_u + P_l}{\eta_M \eta_D} \quad (\text{В.6})$$

- где P_e — мощность на валу насоса, кВт;
 P_l — внутренние потери мощности: механические потери и потери на трение, кВт;
 η_M — КПД двигателя при работе насоса с подачей Q ;
 η_D — КПД привода (ременный привод, частотный преобразователь, редуктор и т.п.).

К внутренним потерям относятся потери мощности насоса, вызванные механическим трением, внутренней рециркуляцией, а также потери на трение, вызванные эффектом торможения в контуре циркуляции жидкости. Количественную оценку данных потерь может дать производитель насосного оборудования.

Типоразмер приводного двигателя определяется исходя из максимальных значений вязкости перекачиваемой жидкости и перепада давлений.

Системы объёмных насосов работают при оптимальных параметрах, если выполнены функциональные требования системы в части:

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

Оптимальная гидравлическая мощность, добавляемая к системе, рассчитывается по формуле (В.5) с учетом вышеуказанных условий, а оптимальная электрическая мощность рассчитывается по формуле (В.6) с применением полученной оптимальной гидравлической мощности и максимальных коэффициентов полезного действия насоса, двигателя и привода.

Как указано в настоящем документе, в ходе оценки следует установить базовые показатели общего годового потребления энергии для оцениваемой насосной систем (систем).

В.5.2 Примеры расчета

В.5.2.1 Исходная система

Насос подает жидкость из резервуара А в резервуар Б (см. Рисунок В.5). Вся перекачиваемая насосом жидкость попадает в резервуар Б, который всегда заполнен, а излишки возвращаются обратно в резервуар А.

В.5.2.2 Улучшенная система

Установлена линия рециркуляции для поддержания постоянной подачи и обеспечения расхода на стороне потребления.

Экономия энергии достигается благодаря тому, что меньшее количество

ГОСТ (проект RU, окончательная редакция)

жидкости перекачивается через питательную линию к резервуару Б, что позволяет снизить потери на трение.

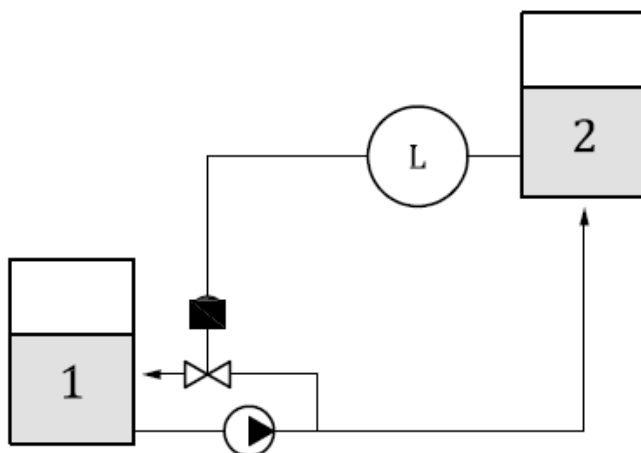
Не допускается применение дросселирования. Насос имеет прямой привод от двигателя (без ременной передачи, частотно-регулируемого привода или редуктора).

В.5.2.3 Основные рабочие параметры

- относительная плотность перекачиваемой жидкости — 0,85;
- средняя стоимость электроэнергии для предприятия — 0,05 у.е./кВт·ч;
- жидкость — турбинное смазочное масло, кинематич. вязкостью — 90 сСт при 40 °С;
- измеренная подача насоса — 450 м³/ч;
- оптимальный расход — 340 м³/ч в резервуар Б; расход байпасной линии в резервуар А — 110 м³/ч;
- измеренное давление на выходе насоса — 4 бар;
- оптимальное давление на выходе насоса при сниженном (оптимальном) расходе в резервуар Б (при сохранении прежней подачи) — 2,7 бар;
- измеренная мощность насоса — 73,4 кВт.

Система работает при указанных выше параметрах 70 % всего времени.

ПРИМЕЧАНИЕ. Несмотря на схожесть с центробежными насосами, данный пример описывает перекачивание жидкости, вязкость которой значительно выше, чем у воды. Поэтому результаты приведены только для описания применяемого подхода.



1 — резервуар А, 2 — резервуар Б, L — датчик уровня

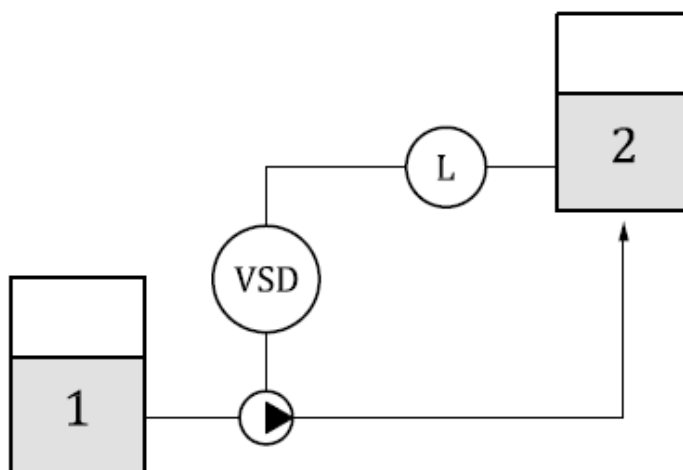
Рисунок В.5 — Технологическая схема для Таблицы В.3

Результаты анализа описанных вариантов приведены в таблице В.3.

В.5.2.4 Оптимизированная система

Насос оснащён частотно-регулируемым приводом. Линия рециркуляции перекрыта.

Переход к использованию частотно-регулируемого привода дает возможность датчику уровня резервуара Б регулировать частоту вращения вала насоса в зависимости от технологических потребностей системы. Экономия электроэнергии в данном случае достигается за счет исключения потерь в линии рециркуляции, а также за счет минимизации потерь на трение в трубопроводе между резервуарами (см. Рисунок В.6).



1 — резервуар А, 2 — резервуар Б, L — датчик уровня, VSD — частотно-регулируемый привод

Рисунок В.6 — Оптимизированная технологическая схема для Таблицы В.4

Результаты анализа рабочих параметров данного варианта также приведены в таблице В.3

Таблица В.3 — Сравнение энергоэффективности исходной, улучшенной и оптимизированной системы

Состояние системы	Расход	Рабочая частота вращения, доля от номинальной	Мощность насоса	КПД двигателя	КПД частотно-регулируемого привода	Электрическая мощность	Годовое энергопотребление	Годовые затраты на энергоресурсы	Годовая экономия		
									энергопотребления	затрат	
	м ³ /ч		кВт	%	%	кВт	МВт·ч	тыс. у.е.	%	МВт·ч	тыс. у.е.

ГОСТ 33969-202_ (проект RU, окончательная редакция)

Исходная система (давление 4 бар)	450	1,00	73,4	94	—	78	478,9	23,9	—	—	—
Улучшенная система (давление 2,7 бар)	450 * (340+110)	1,00	55,7	94	—	59	363,3	18,2	24%	115,6	5,78
Оптимизированная система со сниженной частотой вращения / расходом (давление 2,7 бар)	340	0,77	39,4	92	96	44,6	273,5	13,7	43%	205,4	10,27

Примечание. * Работа насоса при тех же значениях частоты вращения и подачи, но расход в резервуар В снижен до 340 м³/ч в связи с перекачкой по байпасной линии. Давление снижено с 4 бар до 2,7 бар в связи с низкими потерями в контуре рециркуляции.

Кроме указанных вариантов, можно рассмотреть методы, описанные в В.4.

Приложение С (справочное).

Квалификация, опыт и профессиональные навыки экспертов

С.1 Системы

В данном разделе определяются требуемые от экспертов знания и профессиональные навыки по насосным системам и перекачиваемой жидкости.

Основы энергопотребления насосных систем. Эксперты должны:

- быть знакомы с насосными системами, используемыми на различных предприятиях, а также входящим в них оборудованием, включая технологические установки, резервуары и сосуды, работающие под давлением. Тип и количество установленных насосов и приводов может варьироваться в зависимости от конкретной системы;
- обладать знаниями насосов, приводов, регулирующей арматуры, технологических элементов, а также уметь определять их влияние на энергопотребление всей системы в целом.

Рабочие характеристики систем. Эксперты должны:

- понимать, каким образом физические свойства рабочей жидкости, к которым относятся плотность, вязкость и давление насыщенных паров, влияют на всю насосную систему, а также на работу различных ее компонентов;
- обладать знаниями относительно составляющих компонентов напора, таких как общий напор, статический напор, потери напора на трение, а также уметь определять эти составляющие в рамках рассматриваемой системы. Эксперты должны понимать и уметь строить рабочую характеристику системы и график ее нагрузки;
- уметь определять потери напора на трение всех компонентов оцениваемой системы, используя различные методы их определения;
- уметь определять требуемые параметры и профиль нагрузки системы;
- уметь оптимизировать скорость течения рабочей жидкости в системе, принимая

во внимание затраты энергии, гидродинамические особенности течения и потребности системы;

- уметь определять характеристики систем с параллельной и последовательной конфигурацией насосов;
- *периодически изучать информацию о новых насосных установках и уметь подбирать наиболее надежное и эффективное насосное оборудование в зависимости от их качественных показателей.*

С.2 Насосы

В данном разделе определяются необходимые знания и профессиональные навыки экспертов в области параметров и характеристик насоса, влияния жидкости на гидравлику насоса и систему в целом.

Основные энергетические параметры жидкости. Эксперты должны уметь:

- определять различные составляющие полной энергии жидкости (давление, геодезический напор, подачу и скоростной напор) и их связь через уравнение Бернулли;
- оценивать изменения свойств жидкости (плотности, вязкости, температуры и т.д.);

Характеристики насоса

- эксперты должны хорошо понимать эксплуатационные характеристики насоса и их влияние на работу системы. К таким характеристикам относится напор, подача, мощность, КПД, допускаемый и располагаемый кавитационный запас. Эксперт также должен знать и уметь применять законы подобия насосов и их математические выражения.

Характеристики системы и их влияние на работу насоса. Эксперты должны:

- уметь определять, какие изменения необходимо внести для оптимизации работы насоса в рамках исследуемой системы;
- хорошо понимать эксплуатационные характеристики насосов, работающих как в параллельной, так и в последовательной конфигурации, а также их взаимодействие с соответствующими системами при номинальной или

ГОСТ (проект RU, окончательная редакция)

регулируемой частоте вращения.

Сбор данных. Эксперты должны быть готовы:

- произвести анализ насосных систем (после определения их границ) до начала выполнения физических измерений, чтобы определить приоритеты и требования к измерениям;
- выполнить точные и повторяемые прямые или косвенные измерения параметров насоса, привода (электрического или любого другого) и рабочих характеристик системы.

С.3 Двигатели и приводы

В данном разделе определяются необходимые знания и 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 схемы подключения и варианты пуска (плавный пуск, звезда-треугольник, пуск с помощью частотно-регулируемого привода или автотрансформатора). Кроме того, эксперты должны понимать взаимосвязь между крутящим моментом и частотой вращения, обеспечивать оптимизацию этих параметров для правильного выбора двигателя;
- различных типах передач, включая редуктор, ременный привод, гидромufту и магнитную муфту;
- различных типах частотно-регулируемых приводов, их рабочих параметрах и характеристиках эффективности;
- факторах, влияющих на работу насоса, системы и привода. Понимать особенности систем с высоким и низким статическим напором и их влияние на эффективность частотного регулирования насоса.

С.4 Проведение анализа и составление отчета

Раздел определяет необходимые знания и профессиональные навыки экспертов в области анализа полученных по результатам измерений данных, формирования логического и последовательного отчета с целью определения возможных вариантов энергосбережения в рамках насосной системы, в соответствии с Приложением А. Эксперты должны:

- иметь опыт анализа собранных полевых данных и понимать взаимосвязь между различными компонентами в системе, включая насос(ы), технологические элементы и элементы управления; определять характеристики и рабочие параметры, их влияние на изменение потребностей системы, оценку их изменений и взаимовлияния с течением времени.
- владеть знаниями относительно различных компонентов системы для определения степени их воздействия на эффективность системы;
- уметь определять взаимосвязь между основными принципами регулирования параметров системы и ее энергопотреблением.

Приложение D (справочное).

Методические рекомендации по применяемому для анализа программному обеспечению

Главной целью применения того или иного метода оценки системы является определение ее фактических потребностей, их сравнение с текущими рабочими параметрами, и определение возможностей экономии энергии.

Программное обеспечение должно иметь в своей базе данных типовые модели и алгоритмы насосов и двигателей для сравнения конкретных имеющихся данных с достижимыми оптимальными значениями.

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

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

а) Проводимые в рамках анализа вычисления должны содержать явную ссылку на источник данных, используемых в рамках применяемых алгоритмов:

Технологические данные:

- характеристики жидкости: название, температура, плотность (относительная плотность), вязкость, расчётный располагаемый (NPSHA) требуемый (NPSHR) кавитационный запас;
- статический напор: уровень жидкости в месте забора и в месте назначения, давление на поверхность жидкости в месте забора и в месте назначения;
- технологические элементы: производитель, обозначение, номинальная разность давлений, рабочая разность давлений, расход.

Паспортные данные (данные маркировочной таблички):

- Насос: данные производителя (марка, типоразмер, количество ступеней), графические характеристики насоса, частота вращения и наличие/отсутствие её регулирования;
- Двигатель: производитель, типоразмер, мощность, количество фаз, частота

сети, частота вращения, напряжение, ток при полной нагрузке, коэффициент мощности, номинальный КПД по соответствующему стандарту ГОСТ / NEMA / ISO или класс энергоэффективности, гарантированный КПД;

- Частотно-регулируемый привод: производитель, КПД;
- регулирующая арматура: производитель, модель, размер, характеристики; рабочее давление, направление потока; данные по изделию, предоставленные производителем.

Эксплуатационные параметры:

- Насос: давление на входе, давление на выходе, подача, номинальная частота вращения (об/мин), КПД в соответствии с характеристикой;
 - двигатель: потребляемая мощность, линейное напряжение, линейный ток, коэффициент мощности и КПД при рабочей нагрузке;
 - частотно-регулируемый привод: КПД в условиях нагрузки;
 - запорно-регулирующая арматура: положение регулирующих элементов, перепад давления.
- б) Определение фактического потребления энергии различными компонентами в зависимости от текущих условий эксплуатации системы.
- в) Определение оптимальных условий эксплуатации системы и соответствующего уровня энергопотребления.
- г) Перекрестная проверка результатов для подтверждения равенства количества энергии в системе количеству энергии, полученной системой.
- д) Выявление возможной экономии энергии на основании полученных данных и количественно оцененной с помощью удельных затрат на энергию.

Приложение Е (справочное).

Пример таблицы данных предварительного отбора

В Таблице Е.1 приведена типовая форма сбора данных для предварительного отбора.

Таблица Е.1 — Пример стандартной рабочей таблицы данных предварительного отбора

Данные по оборудованию						Схемы управления (отметить применимые)					
Данные по системе	Тип насоса (поршневой, вакуумный, центробежный)	Характеристика насоса	Технологический номер/ место установки	Данные маркировочной таблички двигателя	Напряжение	Частотно-регулируемый привод	Дросселирование (% открытия, по возможности)	Байпас/ рециркуляция	Двухпозиционное регулирование (вкл./выкл.)	Более одного насоса/ распределенная нагрузка	Без управления

Окончание Таблицы Д.1

Эксплуатационные параметры (предоставляются, если доступны, в противном случае, отметить галочкой, если параметры доступны для получения)							Другие параметры		Дополнительная информация (доступность)			
Наработка в часах или % времени работы оборудования	Мощность или ток	Произошедшее или ожидаемое изменение требований по расходу	Расчётная подача	Фактическая подача	Расчётный напор	Фактический напор	Располагаемый кавитационный запас	Уровень технического обслуживания (высокий, средний, низкий)	Характерные значения подачи и диапазон ее изменения	Профиль нагрузки	Архивные данные	Скриншоты АСДКУ

Приложение F (справочное).
Удельное энергопотребление

F.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 перекачивания является удельное энергопотребление, то есть энергия, затраченная на перекачивание единицы объема жидкости через систему. При известной стоимости электроэнергии данная величина позволяет произвести непосредственный расчет стоимости перекачивания.

Величина удельного энергопотребления также дает возможность сравнивать различные варианты систем между собой.

Удельное потребление энергии для систем с постоянным расходом рассчитывается по формуле F.1.

$$E_S = \frac{P_e \cdot t}{V} = \frac{P_e}{Q} \quad (F.1)$$

где t – время;

P_e – потребляемая мощность привода;

V – объем;

Q – расход.

В системах с переменным расходом E_S является функцией расхода (Q), поэтому её расчёт отличается от приведённого выше. Для расчета используются параметры насоса, двигателя и привода при разных нагрузках и скоростях, предоставленные производителями оборудования.

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

F.2 Удельное энергопотребление в разных типах насосных систем

Величину напора насоса можно разделить на статический напор H_S и потери напора на трение H_f . Подставив $(H_S + H_f)$ вместо общего напора и добавив в знаменатель КПД насоса η_p , двигателя η_m и привода η_d для систем с регулируемой частотой вращения, получаем формулу (F.2) для потребляемой мощности:

$$P_e = \frac{Q \cdot (H_S + H_f) \cdot \rho \cdot g}{\eta_p \cdot \eta_m \cdot \eta_d} \quad (F.2)$$

Для систем без статического напора и систем замкнутого контура H_S равен нулю.

В таком случае, удельное потребление энергии зависит от потерь напора на трение, которые, в свою очередь, определяются потерями в системе трубопроводов (включая дросселирующие клапаны), а также общим КПД элемента насос–двигатель–привод.

Общая эффективность элемента насос–двигатель–привод определяется для каждой рабочей точки. При изменении частоты вращения в системах такого типа КПД насоса остается практически неизменным, в то время как КПД привода и двигателя при снижении нагрузки может значительно падать.

Если гидравлическая характеристика системы меняется при регулировании положения задвижки, то изменяется рабочая точка насоса и, соответственно, его КПД.

Для систем со статическим напором удельное энергопотребление определяется по формуле F.3:

$$E_S = \frac{P_{in}}{Q} = \frac{(H_S + H_f) \cdot \rho \cdot g}{\eta_p \cdot \eta_m \cdot \eta_d} = \frac{H_S \cdot \rho \cdot g}{f_{HS} \cdot \eta_p \cdot \eta_m \cdot \eta_d} \quad (F.3)$$

где $f_{HS} = \frac{H_S}{H_S + H_f}$ – гидравлический коэффициент системы, определяющий относительную величину её статического напора.

E_S имеет минимальное значение, равное $H_S \cdot \rho \cdot g$, в случае, когда значения всех КПД равняются 100 % и потери на трение отсутствуют. Если в системе не

ГОСТ (проект RU, окончательная редакция)

установлен частотно-регулируемый привод, то все коэффициенты в знаменателе определяются значением подачи и изменяются в зависимости от рабочей точки. При использовании частотно-регулируемого привода, рабочая точка перемещается вдоль кривой характеристики системы.

КПД высокоэффективного двигателя существенно не изменяется при снижении нагрузки до 30 %. Тем не менее, снижение эффективности компонента двигатель-привод может быть довольно значительным, если нагрузка двигателя падает ниже 75 % от номинальной частоты вращения. Знаменатель также может рассматриваться как общая эффективность.

Гидравлический коэффициент f_{HS} стремится к 1 при отсутствии потерь на трение.

В системах с высоким статическим напором удельное энергопотребление значительно повышается, если рабочая точка смещается влево по рабочей характеристике насоса ввиду снижения КПД насоса, двигателя и привода.

Кроме того, в системах с высоким статическим напором удельное энергопотребление растет при относительно умеренном снижении частоты вращения ротора насоса. В таких системах область применимости частотно-регулируемого привода может быть увеличена, если напорная характеристика системы и напорная характеристика насоса при его работе на номинальной частоте вращения будут пересекаться справа от точки максимального КПД насоса.

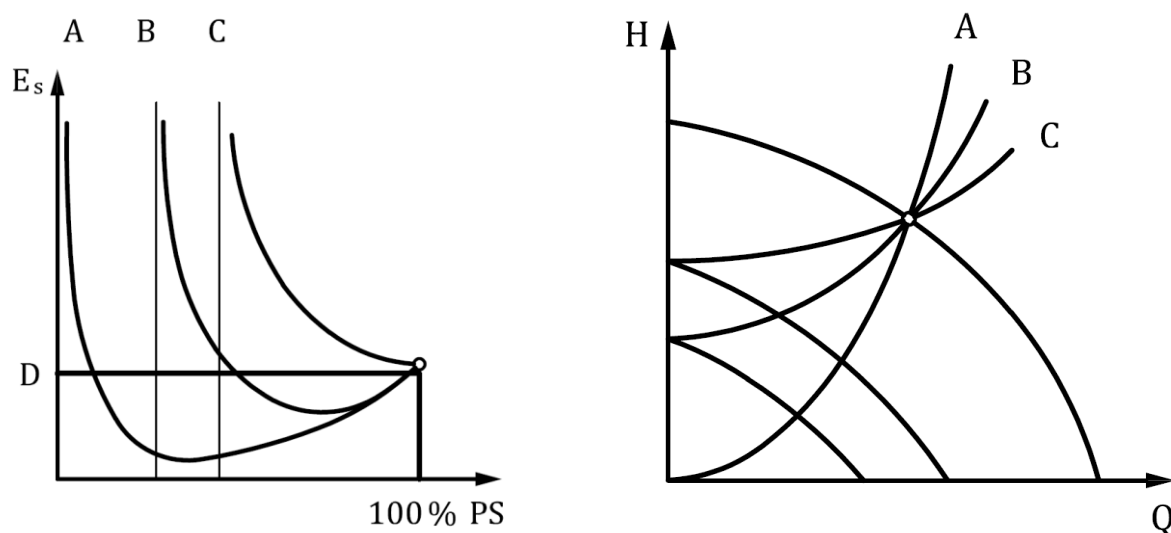
Для расчета стоимости затрат на перекачивание жидкости показатель удельного энергопотребления рассчитывается для всех точек характеристики системы или для ряда значений расхода. Дополнив эти данные графиком нагрузки системы, можно определить стоимость работы по перекачиванию.

На Рисунке F.1 показана зависимость величины удельного энергопотребления от частоты вращения вала насоса для трех различных характеристик системы в зависимости от того, присутствует ли в системе статический напор и используется ли частотно-регулируемый привод.

Потенциал экономии составляет значительную величину при низком

ГОСТ (проект RU, окончательная редакция)

статическом напоре и напротив, малую величину для систем с высоким статическим напором. Если частота вращения достаточно низкая, то удельное потребление энергии будет стремиться к бесконечности при работе насоса близко к точке, соответствующей режиму работы на закрытую задвижку.



а) Удельное энергопотребление в зависимости от частоты вращения ротора

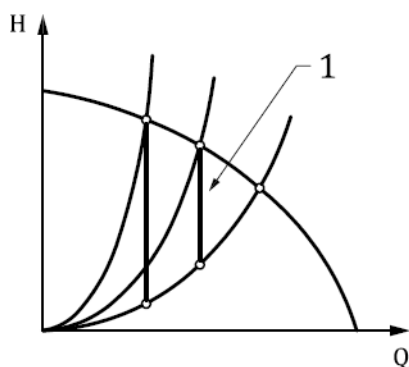
б) Характеристика «расход-напор»

A — статический напор отсутствует, есть потери напора на трение; *B* — умеренный статический напор; *C* — высокий статический напор; *D* — система двухпозиционного регулирования (вкл./выкл.); *PS* — относительная частота вращения вала насоса

Рисунок F.1 — Удельное энергопотребление в зависимости от частоты вращения ротора насоса при различных характеристиках «расход-напор»

При дросселировании рабочая точка смещается влево по характеристике насоса (см. Рисунок F.2). Вертикальные линии показывают потери на дросселирование.

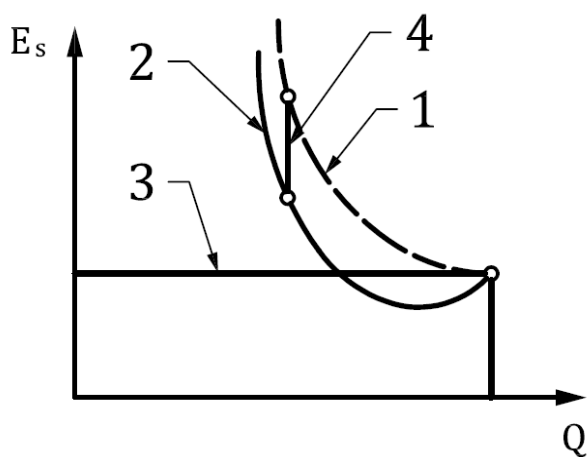
Удельное энергопотребление рассчитывается для каждой рабочей точки путём деления потребляемой мощности двигателя на подачу. При снижении подачи E_s быстро растет (см. пунктирную линию на Рисунке F.3).



1 — снижение давления в результате дросселирования задвижки

Рисунок F.2 — Рабочие точки насоса при дросселировании

В системе с дросселированием характеристики удельного энергопотребления соответствуют пунктирной линии на Рисунке F.3. Удельное энергопотребление насосной системы с регулируемой скоростью может быть выше, чем системе с двухпозиционным регулированием (вкл./выкл.) или со статическим напором, но ниже, чем в системе с дросселированием, что позволяет повысить энергоэффективность.



- 1 — система с дросселированием;
- 2 — система с регулируемой скоростью и незначительным статическим напором;
- 3 — система с двухпозиционным регулированием (вкл./выкл.);
- 4 — экономия удельного энергопотребления

ПРИМЕЧАНИЕ. Применение частотно-регулируемого привода позволяет улучшить энергоэффективность.

Рисунок F.3 — Сравнение эффективности способов регулирования

Избыточная мощность насосной системы

G.1 Общие положения

Избыточная мощность – это показатель, который может использоваться для определения неэффективных (и ненадежных) насосных систем, для подбора насосов и методов управления, а также для выявления заложенных при проектировании насосных систем излишков потребляемой мощности, что позволит обеспечить высокую эффективность, надежность и продолжительность работы оборудования во всем рабочем диапазоне.

G.2 Формула расчета избыточной мощности

Гидравлическая мощность рассчитывается по формуле G.1.

$$P_u = \frac{\rho \cdot Q \cdot g \cdot (H_s + H_f)}{3,6 \cdot 10^6} \quad (G.1)$$

где P_u – гидравлическая мощность, кВт;

ρ – плотность, кг/м³;

Q – подача, м³/ч

g – ускорение свободного падения, 9,81 м/с²;

H_s – статический напор, м;

H_f – потери напора на трение, м.

ПРИМЕЧАНИЕ. Численный коэффициент в знаменателе $3,6 \times 10^6$ появляется из-за использования нестандартных размерностей входящих в выражение физических величин.

Мощность на валу насоса P_a , выраженная в кВт, рассчитывается по формуле G.2.

$$P_a = \frac{P_u}{\eta_p} \quad (G.2)$$

$$P_u = \eta_p \cdot P_a$$

Избыточная мощность рассчитывается по формуле:

$$P_p = (1 - \eta_p) \cdot P_a \quad (G.3)$$

где η_p – КПД насоса;

P_p – избыточная мощность, кВт;

P_a – мощность на валу насоса, кВт.

Формула (G.3) может быть выражена следующим образом:

$$P_a = P_u + P_p \quad (G.4)$$

G.3 Выводы

G.3.1 Из формулы G.3: для заданных условий, увеличение КПД насоса снижает значение избыточной мощности, что позволяет продлить срок службы насоса и снизить энергопотребление.

G.3.2 Из формулы G.4: снижение мощности на валу насоса P_a при одинаковом значении гидравлической мощности P_u , снижает значение избыточной мощности, что позволяет продлить срок службы насоса и снизить энергопотребление.

G.3.3 Снижение гидравлических потерь напора (H_f) в системе уменьшает значение избыточной мощности, что позволяет продлить срок службы насоса и снизить энергопотребление.

ПРИМЕЧАНИЕ

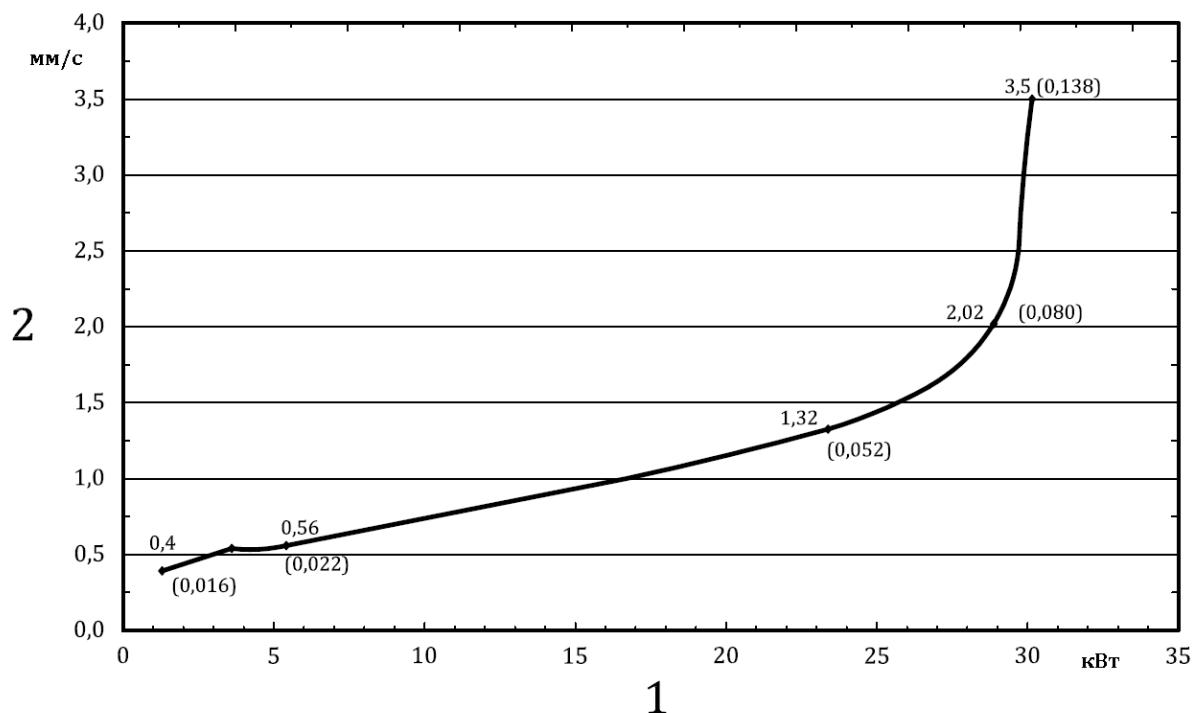
$$P_a = \frac{P_u}{\eta_p} = \frac{Q \cdot (H_s + H_f) \cdot \rho \cdot g}{\eta_p}. \quad \text{Приведённая формула показывает, что положение}$$

регулирующего клапана оказывает важное влияние на избыточную мощность.

Выводы G.3.1—G.3.3 необходимо учитывать при оценке эффективности и надёжности насосной системы.

G.4 Зависимость уровня вибрации от величины избыточной мощности

На Рисунке G.1 показаны уровни вибрации в насосе для перекачки керосина при различных значениях избыточной мощности, рассчитанные для каждого условия по формуле (G.3).



1 — избыточная мощность; 2 — уровень вибрации

Рисунок G.1 — Пример зависимости уровня вибрации от значения избыточной мощности в системе с низким статическим напором

С ростом избыточной мощности растет и вибрация. При низком уровне избыточной мощности вибрация нарастает более низкими темпами. При достижении определенного предела рост вибрации принимает асимптотический вид. Такой рост может возникнуть либо при очень низкой подаче (из-за рециркуляции), либо при очень высокой подаче (из-за кавитации).

G.5 Зависимость средней наработки на отказ от уровня избыточной мощности в насосной системе

С практической точки зрения целесообразно эксплуатировать насос в диапазоне от 80 % до 110 % подачи в точке максимального КПД, что позволяет добиться высокой эффективности и увеличения времени наработки на отказ. Как правило, максимальные значения избыточной мощности возникают при работе на подачах более 110 % подачи в точке максимального КПД. Насос и система

ГОСТ (проект RU, окончательная редакция)

управления должны подбираться таким образом, чтобы обеспечивать бесперебойную работу насоса без превышения указанного значения.

В большинстве случаев такая задача не вызывает сложностей при применении частотного регулирования. В случае если использование частотно-регулируемого привода не рекомендовано, хорошим вариантом снижения избыточной мощности при работе на малых подачах является выбор насоса, расчетный режим работы которого на характеристике находится справа от точки максимального КПД.

ПРИМЕЧАНИЕ. Зная величину избыточной мощности, можно заранее, до выбора оборудования и методов управления, предсказать степень нагрузки насосной системы во всем рабочем диапазоне, тесно связанную с уровнем энергоэффективности.

Показатель эффективности насосной системы

Н.1 Общие положения

Показатель эффективности насосной системы (PSEI)² является приблизительной величиной и используется для первичной оценки эффективности насосных систем.

PSEI представляет собой число от 0 до 100, показывающее, какая часть потребляемой насосной системой энергии является необходимой. Например, показатель PSEI = 36 означает, что на каждые 100 единиц потребляемой энергии необходимо только 36 единиц. Остальные 64 единицы являются излишними.

PSEI может применяться для:

- насосных систем открытого и закрытого типа;
- любого типа насосов (центробежных или объемных);
- любого количества установленных насосов.

PSEI может быть рассчитан на основе любого из двух наборов данных:

- Единовременные данные. Расчёт даёт показатель энергоэффективности на момент измерения.
- Долгосрочные данные. Полученный осреднённый показатель учитывает все условия работы насоса за определенный период времени.

Расчёт PSEI на примере перекачивания воды описан в Н.2. Аналогичным образом данный показатель может быть получен для вариантов перекачивания других жидкостей.

² сокр. от англ. the pumping system efficiency indicator.

Н.2 Расчет показателя эффективности насосной системы

Н.2.1 Общие положения

В таблице Н.1 приведены обозначения и единицы, используемые для расчета показателя эффективности.

Таблица Н.1 – Применяемые обозначения и единицы измерения

Величина	Обозначение	Единица измерения
Показатель эффективности насосной системы (PSEI)	Y_n	–
Расход от источника до потребителя	Q	л/с
Статический напор (разность отметок уровней забора жидкости и потребителя)	H_s	м
Приведённое расстояние (кратчайшее расстояние от источника до потребителя по горизонтали)	L	м
Удельная длина	L_1	–
Потери напора в оборудовании потребителя	ΔH	м
Потребляемая мощность насосной установки (электрическая мощность, потребляемая насосной системой в момент измерения)	P_e	кВт
Объем, перекаченный из источника потребителю за определенный период времени	V	м ³
Энергопотребление насосной установки	E_e	кВт·ч

Н.2.2 Расчёт на основе единовременного (на момент измерения) набора данных

Формула (Н.1) служит для расчёта мгновенного значения показателя эффективности насосной системы Y_1 :

$$Y_1 = K_1 \cdot \frac{Q \cdot (H_s + L/L_1 + \Delta H)}{P_e} \quad (\text{Н.1})$$

$$\text{где } L_1 = 43,3 \cdot |Q|^{0,61} \quad (\text{Н.2})$$

$$K_1 = 1,25.$$

ГОСТ (проект RU, окончательная редакция)

Н.2.3 Расчёт на основе долгосрочных данных (за длительный период)

Формула (Н.3) служит для расчёта показателя эффективности насосной системы Y_0 , осреднённого за определённый период:

$$Y_0 = K_0 \cdot \frac{V \cdot (H_S + L/L_1 + \Delta H)}{E_e} \quad (\text{Н.3})$$

где $K_0 = 0,35$.

Н.2.4 Особенности систем с замкнутым контуром

В случае анализа системы с замкнутым контуром необходимо выбрать соответствующую имеющимся данным формулу (Н.1) или (Н.3), приняв в качестве L минимальное расстояние вдоль перекачиваемого контура от выхода до входа насоса.

Н.3 Анализ результатов

Низкое значение показателя энергоэффективности свидетельствует о возможном наличии в насосной системе одной или нескольких проблем, таких как:

- несоответствие параметров насоса требованиям системы;
- режим насоса существенно отличается от режима максимального КПД;
- высокие скорости перекачиваемой среды в трубопроводах;
- неэффективное регулирование;
- чрезмерный износ насоса;
- наличие препятствий в трубопроводах, клапанах, фитингах.

Для определения причин низкой эффективности рекомендуется провести дальнейшее обследование.

Приложение ДА (справочное).

Сведения о соответствии ссылочных межгосударственных стандартов международным стандартам, использованным в качестве ссылочных в применяемом международном стандарте

Таблица ДА.1

Обозначение ссылочного межгосударственного стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование ссылочного международного стандарта
ГОСТ ISO 17769-1 – 2014	IDT	ISO 17769-1—2012 (Насосы и установки жидкостные. Общие термины, определения, величины, буквенные обозначения и единицы. Часть 1. Жидкостные насосы)
ГОСТ ISO 17769-2 – 2015	IDT	ISO 17769-2:2012 (Насосы и установки жидкостные. Общие термины, определения, величины, буквенные обозначения и единицы. Часть 2. Насосные системы)
ГОСТ IEC 60034-1 – 2014	IDT	IEC 60034-1(2010) (Машины электрические вращающиеся. Часть 1. Номинальные значения параметров и эксплуатационные характеристики)
<p>П р и м е ч а н и е. В настоящей таблице использованы следующие условные обозначения степени соответствия стандартов: IDT — идентичные стандарты.</p>		

УДК

МКС 23.080

Г 82

MOD

Ключевые слова: энергоэффективность, оценка, насосы, системы

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