



Центр
Электромеханической
Диагностики

КОМПЛЕКСНАЯ ТЕХНИЧЕСКАЯ
ДИАГНОСТИКА
ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

О компании ООО НПП «ЦЭД»



Комплексное решение проблем
эксплуатации электромеханических
систем средствами электропривода

О компании ООО НПП «ЦЭД»

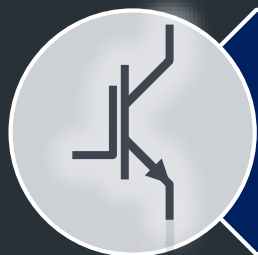
Основные виды деятельности



Электромеханическая диагностика



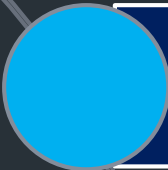
Производство систем мониторинга



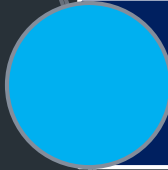
Производство систем управления
электроприводами и АСУ ТП

О компании ООО НПП «ЦЭД»

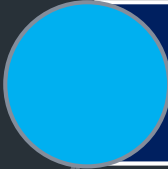
Основные виды продукции



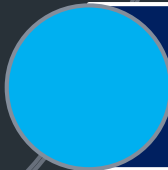
АСУ ТП



САР СКОРОСТИ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПО
СИСТЕМЕ Г-Д (**САР Г-Д**)



САР КОММУТАЦИИ
МАШИН ПОСТОЯННОГО ТОКА



СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ПРИВОДОВ БОЛЬШИХ
ПРОМЫШЛЕННЫХ МЕХАНИЗМОВ

Комплексная техническая диагностика

Оценка текущего технического состояния электродвигателей технологических агрегатов



Диагностика корпусной изоляции



Электромагнитная диагностика



**Оценка уровня пульсаций усилий
в механической системе
электрической машины**

Параметры корпусной изоляции

1

Сопротивление изоляции постоянному току

$$R_{и} = R_{60}$$

2

Коэффициент абсорбции

$$K_{аб} = R_{60}/R_{15}$$

3

Коэффициент диэлектрической абсорбции

$$DAR = R_{60}/R_{30}$$

4

Индекс поляризации

$$PI = R_{600}/R_{60}$$

5

Величина времени релаксации

$$\tau = R_{и} * C_{из}$$

Параметры корпусной изоляции

Для учета всех параметров предварительно производится их нормирование, т. е. каждый параметр приводится к единице. На основании базового диапазона для каждого параметра определяется коэффициент соответствия нормам $K_{\text{норм}}$

Параметры корпусной изоляции

Из всего разнообразия измеренных и рассчитанных параметров корпусной изоляции электрических машин невозможно выделить группу или группы параметров, которые могли бы однозначно определять ее техническое состояние. Каждому параметру присваивается весовой коэффициент m_i , определяемый методом анализа иерархий

Параметры корпусной изоляции

Техническое состояние корпусной изоляции оценивается комплексным показателем технического состояния корпусной изоляции Q (комплексным показателем работоспособности изоляции по 5-ти показателям)

$$Q = \sum (K_{\text{норм.}i} * m_i)$$

Корпусная изоляция

Категории технического состояния корпусной изоляции

1. «Удовлетворительно без ограничений»
2. «Удовлетворительно»
3. «Ограничено допустимо – требует принятия мер»
4. «Опасно»

Категории технического состояния корпусной изоляции

«Удовлетворительно без ограничений»

Категории технического состояния «Удовлетворительно без ограничений» соответствует корпусная изоляция новых электрических машин и изоляция машин, прошедших качественный капитальный ремонт с заменой обмоток.

Данная категория технического состояния корпусной изоляции указывает на то, что электрическая машина, при условии соблюдения требований размещения и правил технической эксплуатации, может эксплуатироваться без ограничений в пределах своих номинальных параметров и перегрузочной способности.

Данная категория технического состояния корпусной изоляции у новой или отремонтированной электрической машины может сохраняться на протяжении нескольких лет эксплуатации, если изоляция содержится в чистоте и машина не подвергается стрессовым перегрузкам.

Категории технического состояния корпусной изоляции

«Удовлетворительно»

Категории технического состояния «Удовлетворительно» соответствует корпусная изоляция электрических машин после среднего ремонта и изоляция новых и прошедших капитальный ремонт электрических машин в средней части своего срока жизни, у которых деградация корпусной изоляции связана главным образом со сроком эксплуатации и в меньшей мере с условиями размещения и эксплуатации.

Электрическая машина с такой корпусной изоляцией может эксплуатироваться в пределах своих номинальных параметров при строгом соблюдении правил размещения и технической эксплуатации без стрессовых перегрузок.

Категории технического состояния корпусной изоляции

«Ограничено допустимо – требует принятия мер»

Категории технического состояния «Ограничено допустимо – требует принятия мер» соответствует корпусная изоляция электрических машин, у которых деградация корпусной изоляции связана с длительным сроком эксплуатации электрической машины, с поверхностными загрязнениями, перемежающимися нагреваниями и остываниями электрической машины и связанными с этим растрескиванием и увлажнениями изоляции, стрессовыми перегрузками электрической машины при несоблюдении правил эксплуатации и порядка и количества ее включений и др.

Электрическая машина с такой корпусной изоляцией может эксплуатироваться в пределах своих номинальных параметров при строгом соблюдении правил размещения и технической эксплуатации без стрессовых перегрузок и систематическом контроле за состоянием корпусной изоляции.

Службе эксплуатации необходимо планировать проведение капитального или среднего ремонта такой электрической машины.

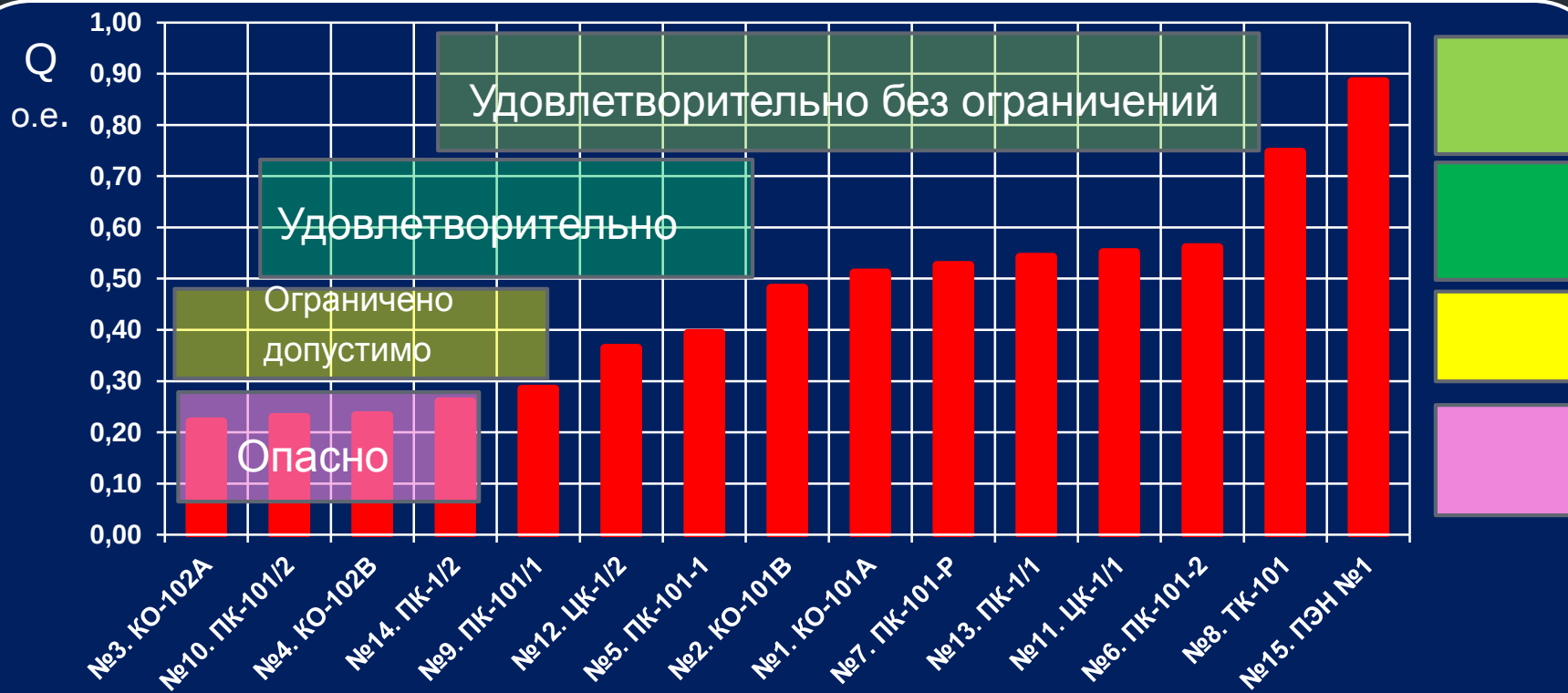
Категории технического состояния корпусной изоляции

«Опасно»

Категории технического состояния «Опасно» соответствует корпусная изоляция электрических машин, у которых степень деградации корпусной изоляции приближается к своему пределу, за которым следует ее разрушение. Поведение такой изоляции не прогнозируемо.

Электрическая машина с такой корпусной изоляцией должна, по возможности, выводиться в капитальный ремонт. При отсутствии резерва электрическая машина с такой корпусной изоляцией может эксплуатироваться в пределах своих номинальных параметров при строгом соблюдении правил размещения и технической эксплуатации, при дополнительном ее охлаждении, полном исключении перегрузок и постоянном контроле за состоянием корпусной изоляции.

Последовательность вывода электродвигателей в ремонт



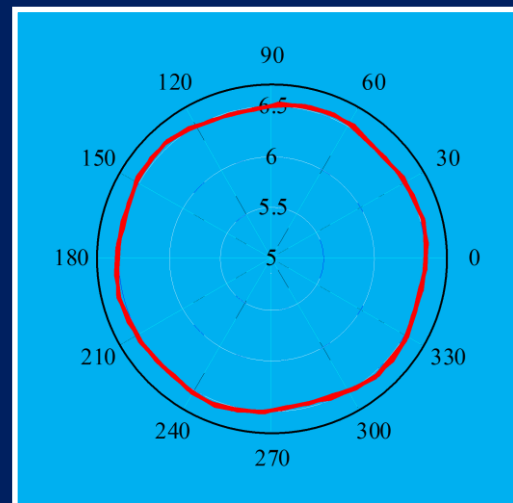
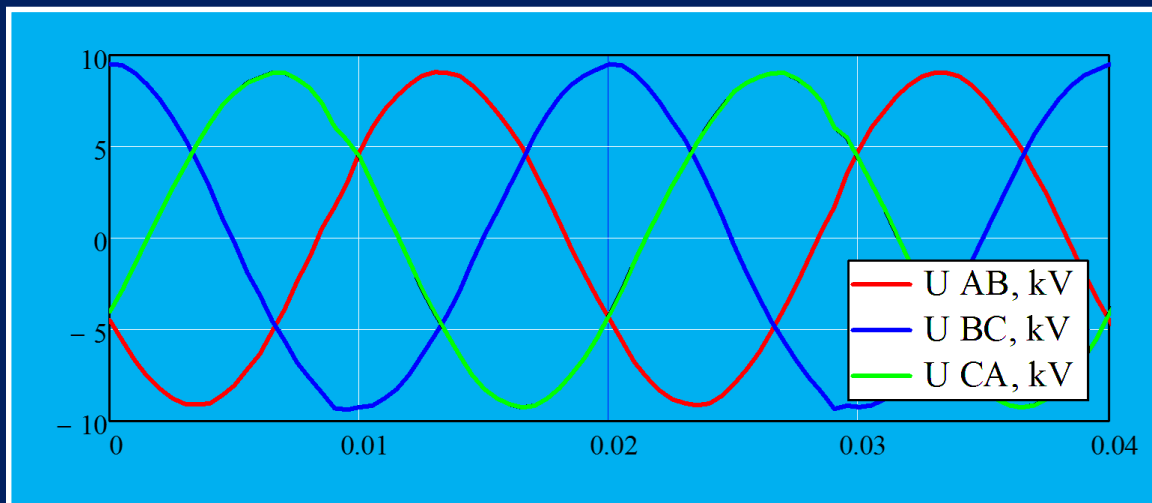
Корпусная изоляция. Выводы по разделу

Восстановительный ремонт корпусной изоляции не может изменить категорию ее технического состояния, но позволяет законсервировать его и продлить на несколько лет ее переход в следующее, более худшее состояние и должен рассматриваться в качестве временной меры по поддержанию работоспособности электрических машин

Задачи электромагнитной диагностики

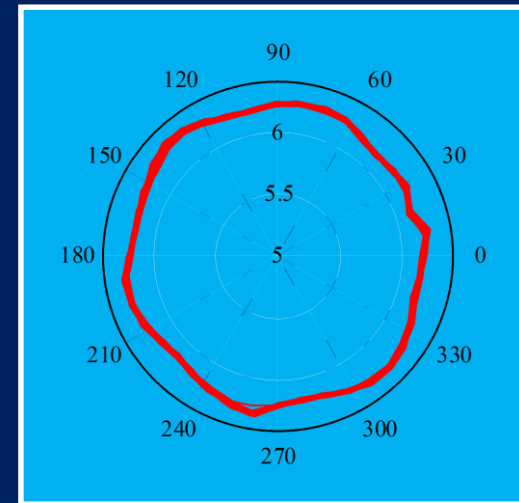
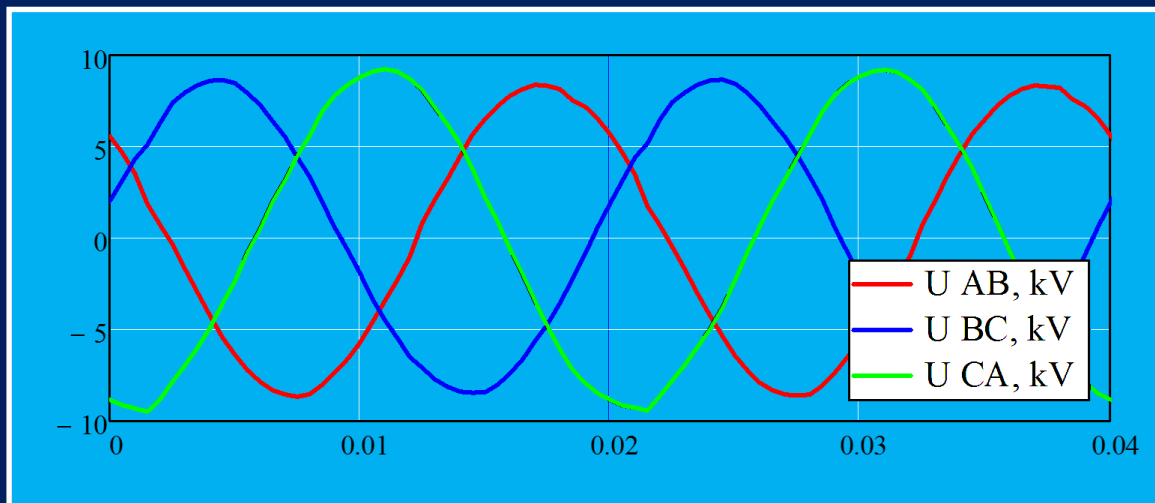
1. Анализ качества питающих напряжений
2. Оценка характеристик пуска
3. Оценка энергетических параметров электродвигателей
4. Оценка уровня пульсаций усилий в механической системе электрических машин методом спектрального анализа

Анализ показателей качества питающего напряжения. Подстанция блока очистки газа. Цех №1



Осциллограммы линейных напряжений и
годограф линейного напряжения

Анализ показателей качества питающего напряжения. Подстанция участка изомеризации

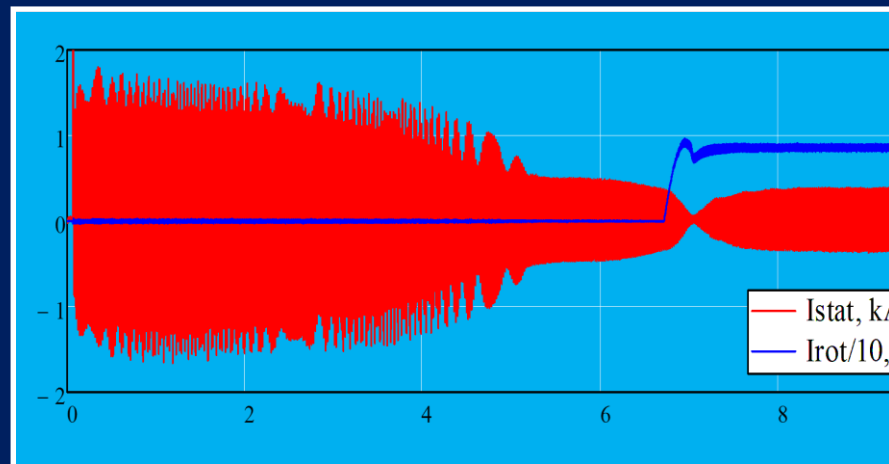
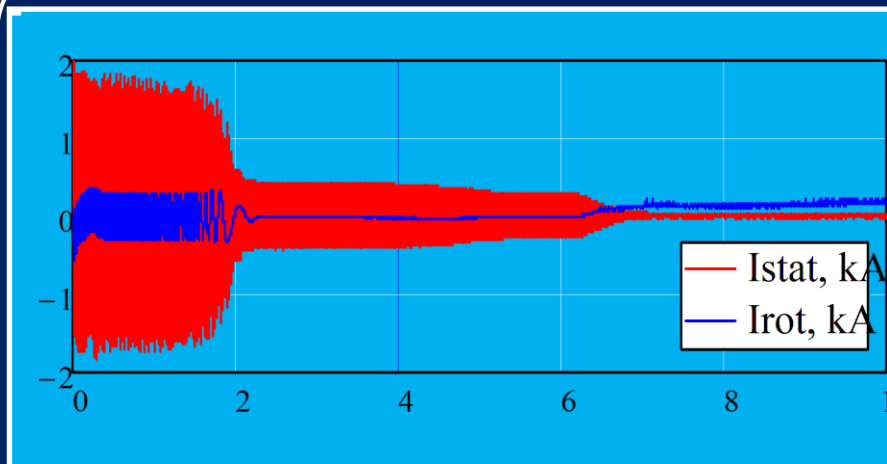


Осциллограммы линейных напряжений и
годограф линейного напряжения

Анализ показателей качества питающего напряжения

Показатели качества питающего напряжения исследованных четырех подстанций не соответствуют требованиям ГОСТ 13109-97. Имеет место превышение допустимого уровня установившегося отклонения напряжения от номинального значения, нарушение симметричности питающего напряжения и искажение синусоидальности

Оценка характеристик пуска



Особенности пуска ПК-101-Р и КО-102А

Оценка энергетических параметров электродвигателей

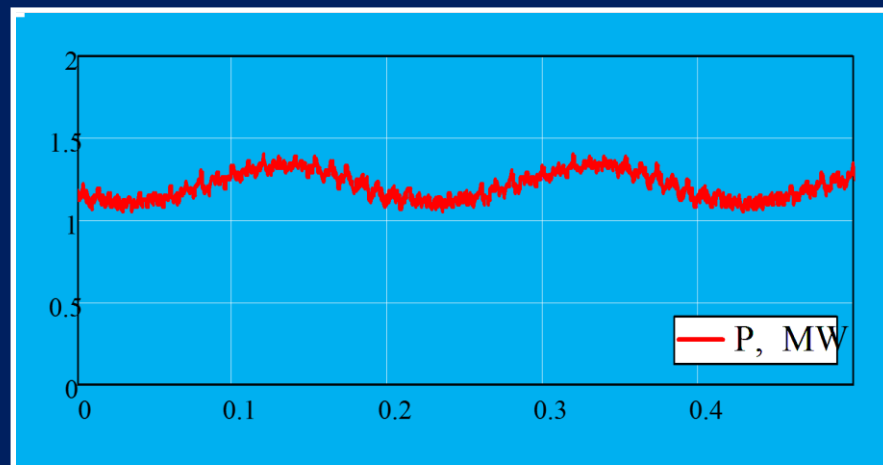
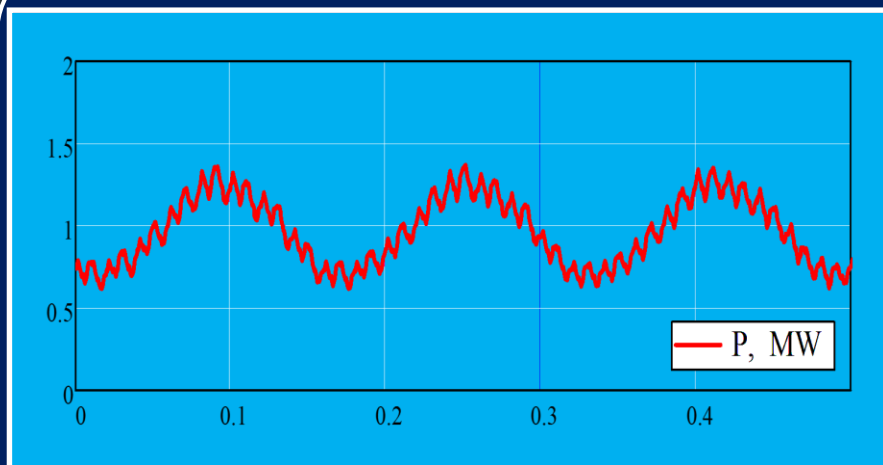
Оценка текущего технического состояния и энергетической эффективности исследуемых электродвигателей производится более чем по 20-ти основным энергетическим параметрам.

Основными инструментами диагностики состояния электрических машин являются идентификация параметров электрической машины и спектральный анализ электрических сигналов

Оценка энергетических параметров электродвигателей

В основе анализа и расчетов энергетических параметров каждого из электродвигателей лежат мгновенные значения токов и напряжений, зарегистрированные системой контроля параметров электроприводов (СКПЭП)

Результаты электромагнитной диагностики электродвигателей



Кривые мгновенной мощности ПК-101-2 (СПМ=7%) и КО-101А (СМП=2%)

Оценка уровня пульсаций усилий в механической системе электрических машин



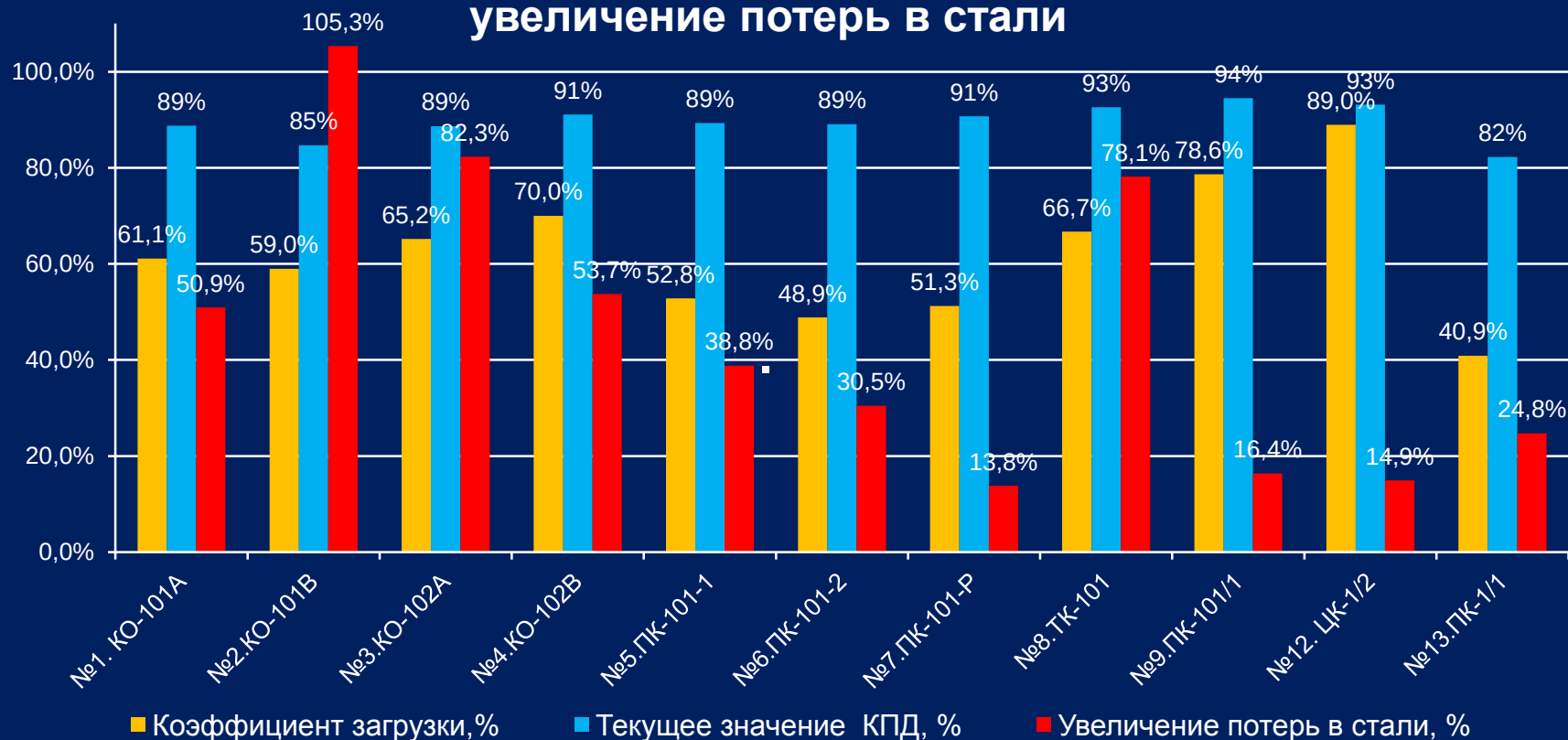
Спектры мгновенной мощности ПК-101-2 и КО-101А

Результаты электромагнитной диагностики электродвигателей

Исследованные электродвигатели классифицированы по величине потерь и уровню пульсаций потребляемой мощности. Для сравнительного анализа энергетических показателей и технического состояния электродвигателей, величина потерь и спектральная плотность мощности соотнесены с уровнем потребляемой мощности

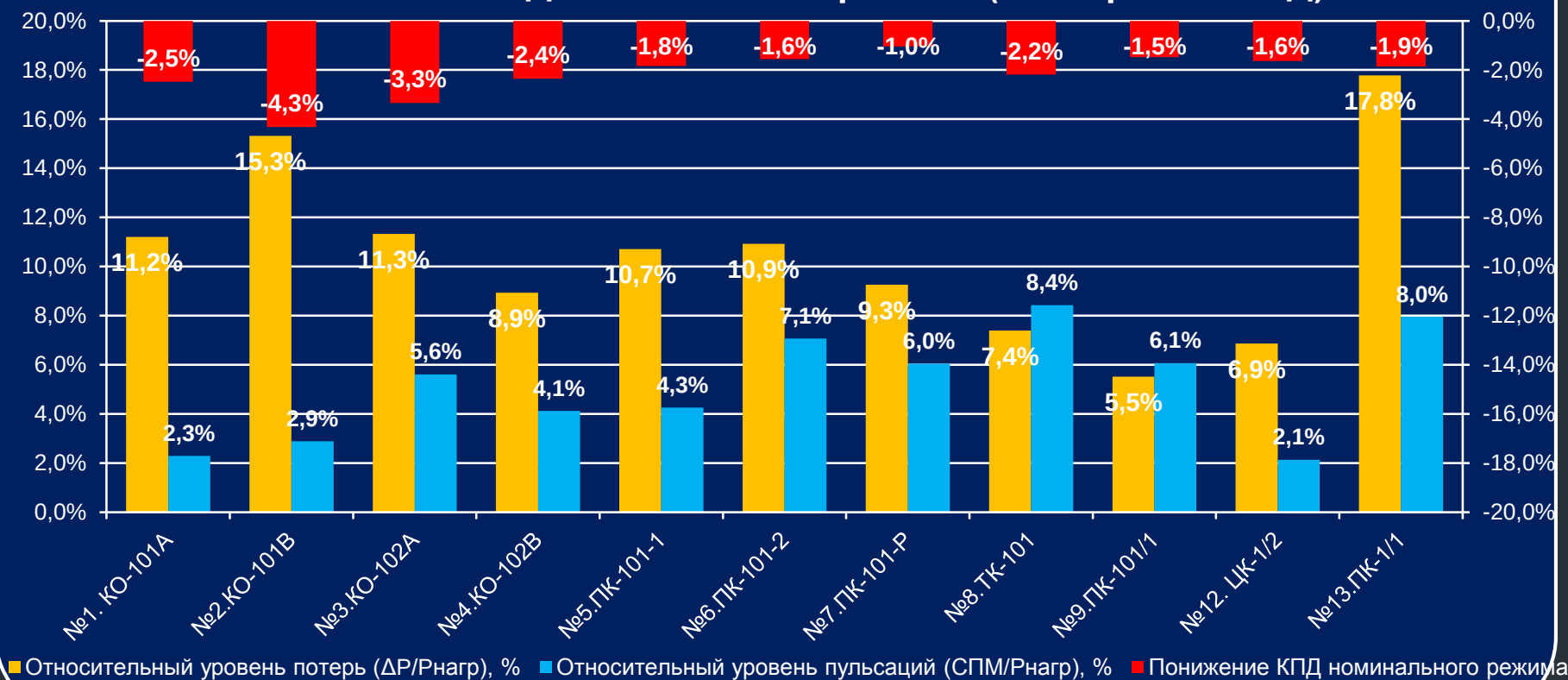
Результаты электромагнитной диагностики

Коэффициент загрузки, текущее значение КПД и
увеличение потерь в стали



Результаты электромагнитной диагностики

Относительные уровни потерь и пульсаций активной мощности.
Понижение КПД номинального режима (паспортного КПД)



Результаты электромагнитной диагностики электродвигателей

В настоящее время не существует норм, позволяющих оценить степень влияния уровня пульсаций потребляемой мощности на техническое состояние электродвигателя, в целом, и его корпусной изоляции, в частности. Но при оценке технического состояния электродвигателей этот параметр должен учитываться, потому, что мощность этих пульсаций, достигающая значений порядка 100 кВт при номинальной нагрузке, проявляется в тангенциальной вибрации статора и сказывается на корпусной изоляции

Анализ результатов комплексной технической диагностики

При комплексной оценке технического состояния электрических машин в рассмотрение принимаются три главных фактора:

- 1. Техническое состояние корпусной изоляции;**
- 2. Уровень потерь;**
- 3. Относительный уровень пульсаций потребляемой мощности.**

Увеличение потерь в электрической машине приводит к понижению КПД номинального режима (паспортного КПД)

Электромагнитная диагностика

Анализ результатов комплексной
технической диагностики

Техническое состояние корпусной
изоляции характеризует степень
надежности электрической машины,
уровень возможных затрат при внезапном
ее отказе и связанные с этим
технологические и экологические риски

Анализ результатов комплексной технической диагностики

Увеличение потерь в стали и связанное с этим понижение КПД номинального режима характеризуют степень эффективности работы электрической машины и указывают на уровень прямых затрат при ее эксплуатации в таком техническом состоянии

Анализ результатов комплексной технической диагностики

Относительный уровень пульсаций потребляемой мощности не влияет на затраты, но непосредственно влияет на техническое состояние изоляции – пульсации приводят к вибрации статора в тангенциальном направлении.

Уровень пульсаций потребляемой мощности определяется технологическим агрегатом и зависит от его технического состояния

Электромагнитная диагностика

Основные факторы оценки технического состояния электрических машин. 1 группа



Электромагнитная диагностика

Основные факторы оценки технического состояния электрических машин. 2 группа



Электромагнитная диагностика

Основной и вспомогательный факторы оценки технического состояния электрических машин



Итоги комплексной технической диагностики

По данным комплексной технической диагностики текущее техническое состояние корпусной изоляции у **53% электрических машин (8 машин)** соответствует категории «Удовлетворительно без ограничений» и «Удовлетворительно», у **20% (3 машины)** соответствует категории «Ограниченно допустимо - требует принятия мер» и у **27% (4 машины)** попадает в зону, соответствующую категории «Опасно»

Итоги комплексной технической диагностики

Первыми по совокупности полученных результатов должны быть выведены в ремонт электродвигатели КО-102А, ПК-101/2, КО-102В и ПК-1/2. Вторыми в очереди должны быть запланированы электродвигатели ПК-101/1 и ЦК-1/2.

Особое внимание следует уделить электродвигателю ТК-101 – при удовлетворительном техническом состоянии корпусной изоляции у него самый высокий относительный уровень пульсаций потребляемой мощности, превышающий 8 % (450 кВт) при работе агрегата с нагрузкой 5339 кВт

Повышение эффективности работы на примере электродвигателя №2 КО-101В

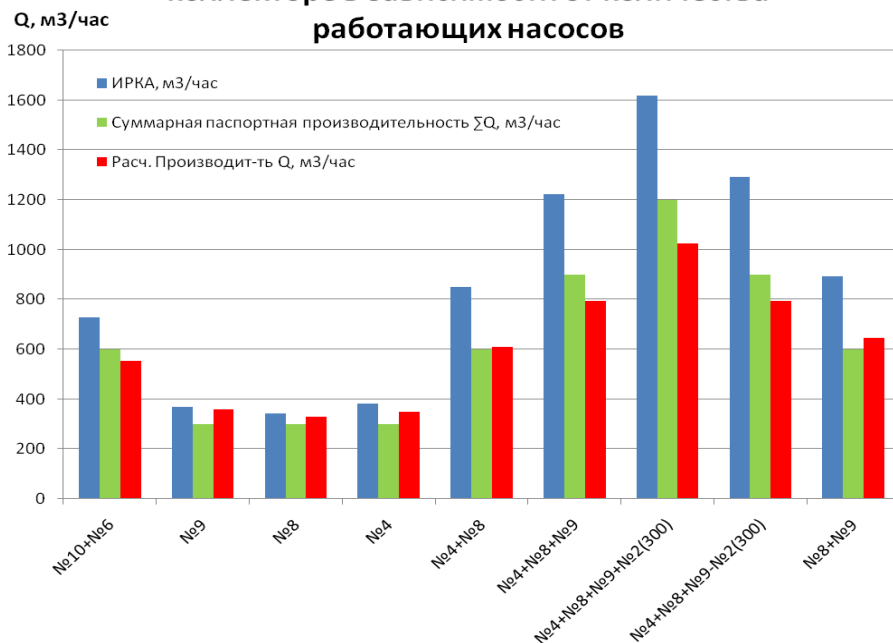
Электродвигатель №2. КО-101В	Текущее состояние	После модернизации
Комплексный показатель состояния изоляции Q, о.е.	0,48	~0,85
Суммарные потери рабочего режима ΔP , кВт	181	101
Потери в стали, кВт	166	81
Относительный уровень потерь ($\Delta P/P_{нагр}$), %	15,3%	8,6%
КПД рабочего режима, %	84,7%	92,2%
Понижение КПД номинального режима	-4,3%	0
Годовая экономия электроэнергии при загрузке 0,8, кВт*час		595 680
Годовая экономия при средней цене 0,74 грн/кВт, грн		439 176 (54 900\$)
Срок окупаемости (при стоимости ремонтных работ ~170 000\$)		3,1 года
Ориентировочная стоимость новой машины		800 000\$

Оценка энергетических параметров
насосных агрегатов и степени их
взаимного отрицательного влияния
при работе на общий коллектор на
примере главного шахтного
водоотлива

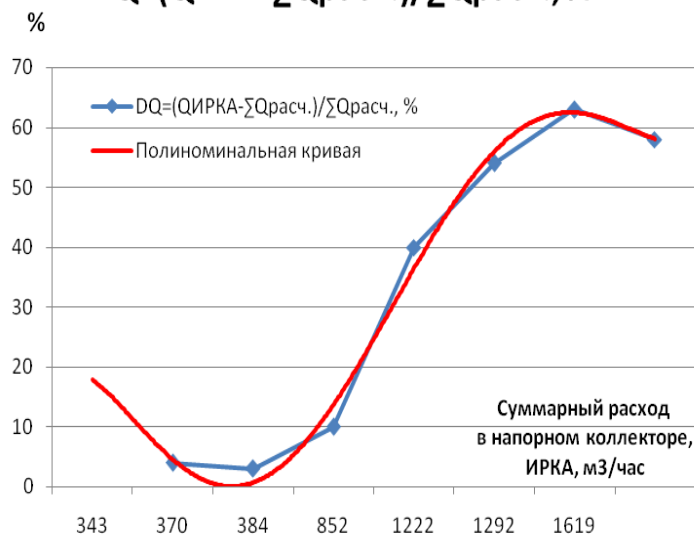
Оценка энергетических параметров

Калибровка технических средств и методов измерения расхода шахтных вод

Изменение суммарного расхода воды в напорном коллекторе в зависимости от количества работающих насосов



$$DQ = (Q_{\text{ИРКА}} - \Sigma Q_{\text{расч.}}) / \Sigma Q_{\text{расч.}}, \%$$



Оценка энергетических параметров

Контролируемые гидравлические и энергетические параметры насосных агрегатов

№ п/п	Наименование параметра	Обозначение	Ед. измерения	Способ получения
1	Расход насоса	Q _{нi}	м3/час	Автоматическое измерение
2	Разрежение на входе насоса	P _{вх}	кПа	Автоматическое измерение
3	Давление на выходе насоса	P _{вых}	МПа	Автоматическое измерение
4	Полный напор насоса	H	м	Автоматическое измерение
5	Гидравлические потери во всасывающем трубопроводе	h _{wi}	м	Автоматическое измерение
6	Мощность, потребляемая электродвигателем из сети	P _{дв}	кВт	Автоматическое измерение
7	Входная мощность насоса	N _{вх}	кВт	Расчет

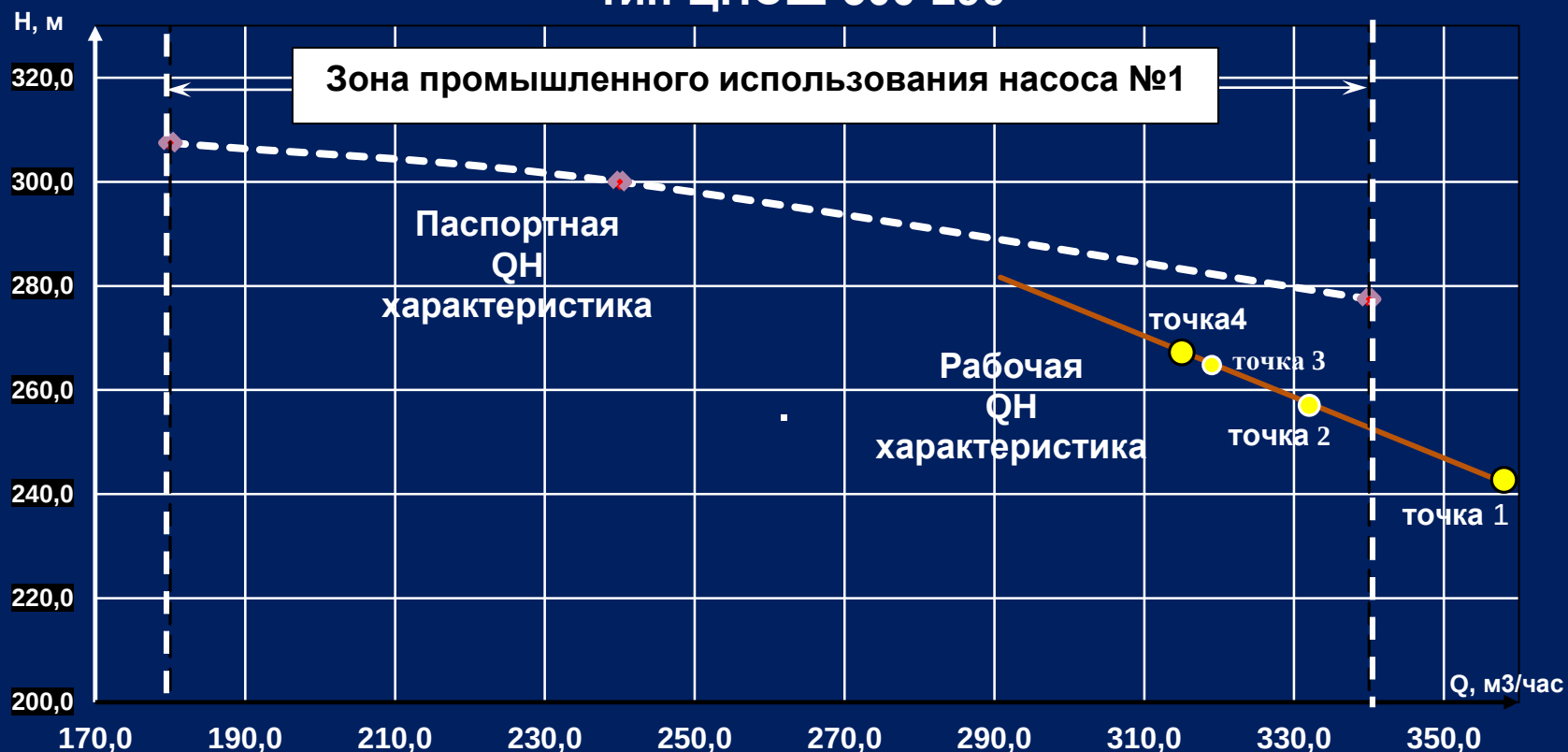
Оценка энергетических параметров

Гидравлические и энергетические параметры насосных агрегатов

№ п/п	Наименование параметра	Обозначение	Ед. измерения	Способ получения
8	Выходная мощность насоса	N_n	кВт	Расчет
9	Сумма потерь в насосе	$N_{п\Sigma}$	кВт	Расчет
10	КПД электродвигателя (паспортное значение)	$\eta_{дв}$	%	Паспорт
11	Измеренное значение КПД насоса	$\eta_{н-изм.}$	%	Расчет
12	Паспортное значение КПД насоса	$\eta_{н-пасп.}$	%	Паспорт
13	КПД насосного агрегата	η_a	%	Расчет
14	Удельные энергозатраты при индивидуальной работе	$W_{и}$	кВт*час/м ³	Расчет
15	Относительное изменение удельных энергозатрат при групповой работе	W^*	%	Расчет
16	Удельные энергозатраты при групповой работе	$W_{г}$	кВт*час/м ³	Расчет

Оценка энергетических параметров

QH- характеристика насоса №1
тип ЦНСШ 300-290

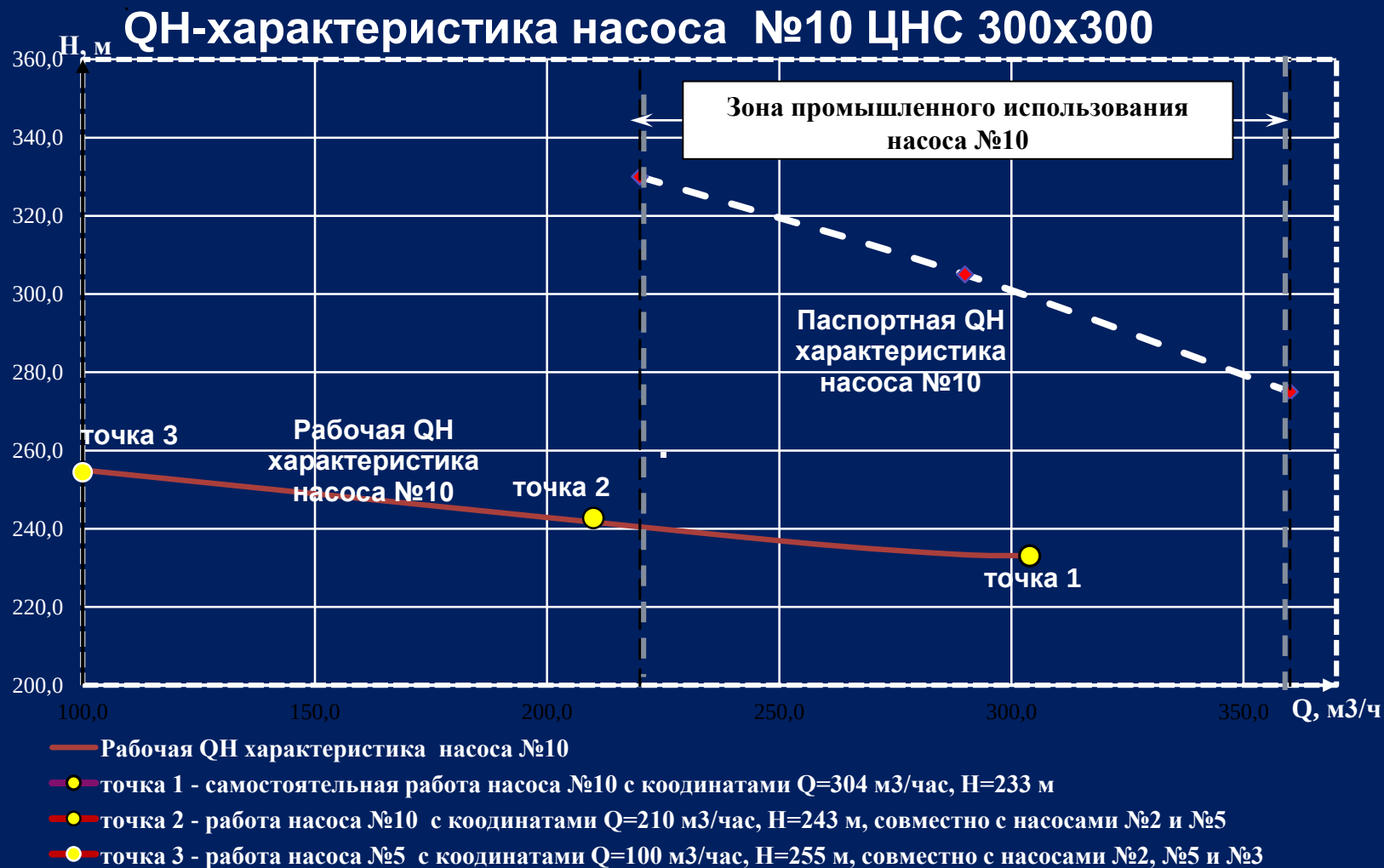


—♦— Паспортная QH характеристика насоса №1

— Рабочая QH характеристика насоса №1

—●— точка 1 - Самостоятельная работа насоса №1 с координатами Q=358 м³/час, H=243 м

Оценка энергетических параметров



Гидравлические и энергетические параметры насосных агрегатов

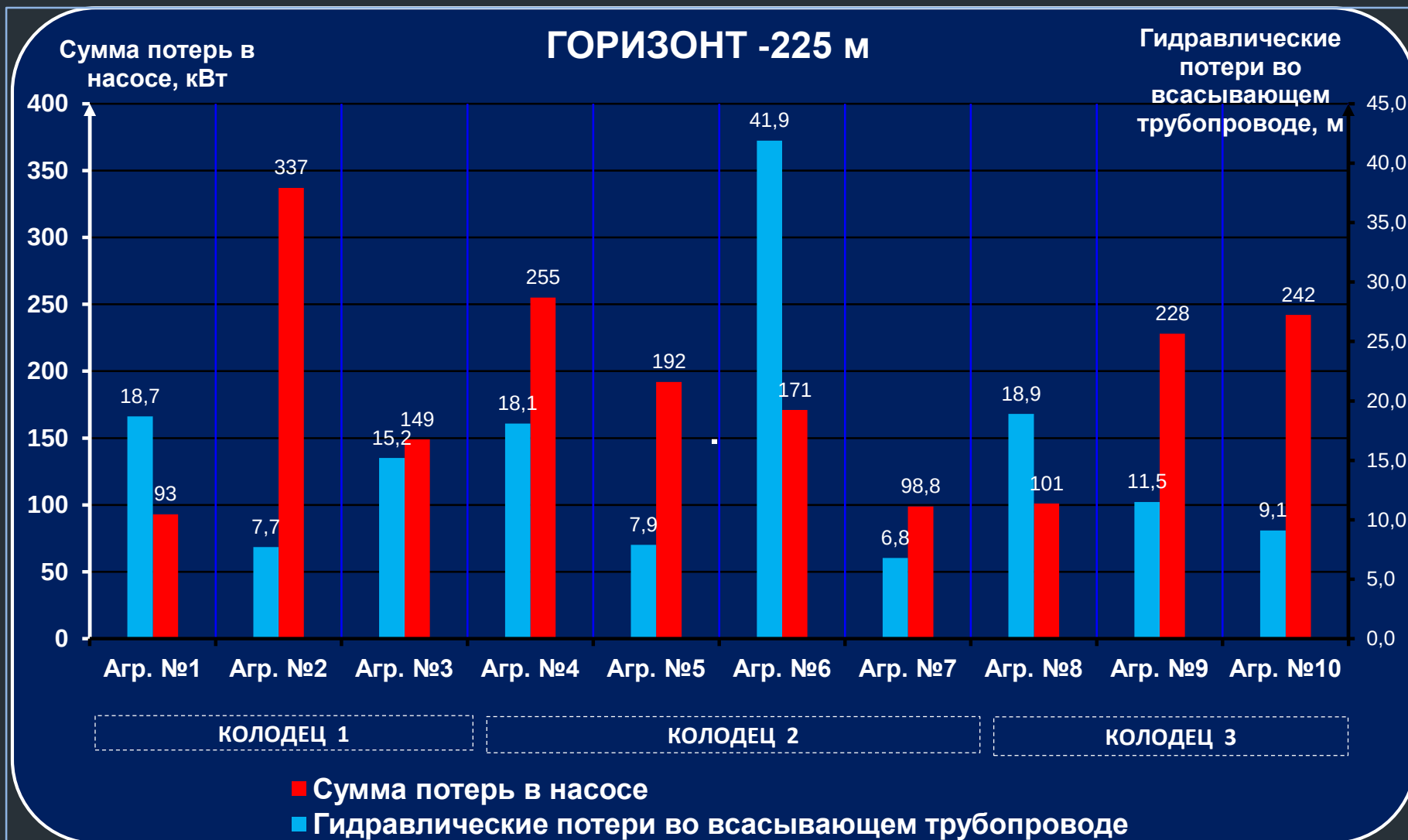
У 80 % насосов согласование с гидравлической сетью удовлетворительное. У 20 % (насосы №2 и №10) – неудовлетворительное.

У 30 % насосов (№1, №7 и №8) техническое состояние удовлетворительное. У 70 % насосов – неудовлетворительное.

Один насос (№10) непригоден для групповой работы.

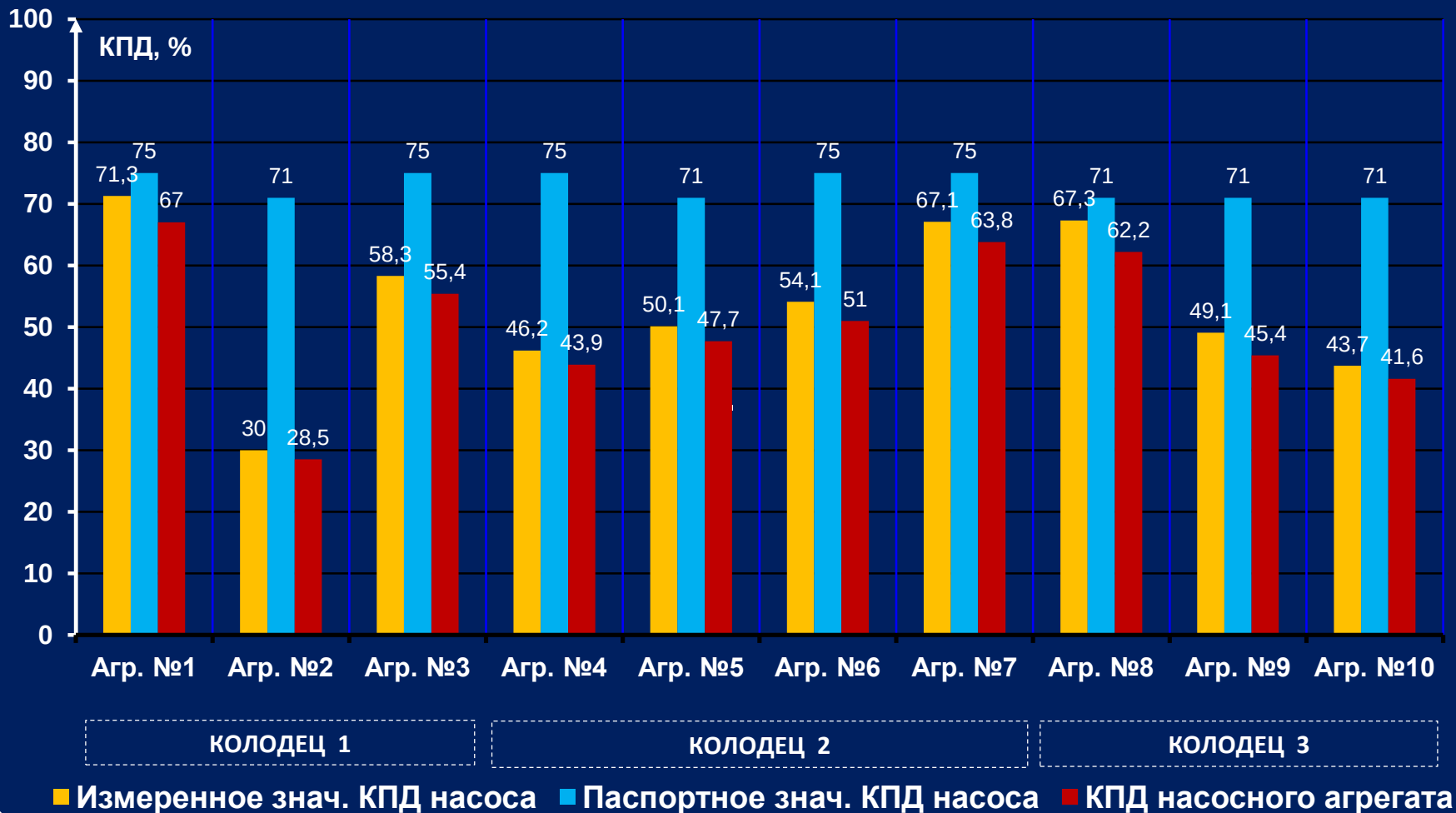
Один насос (№2) непригоден ни для индивидуальной, ни для групповой работы.

Оценка энергетических параметров



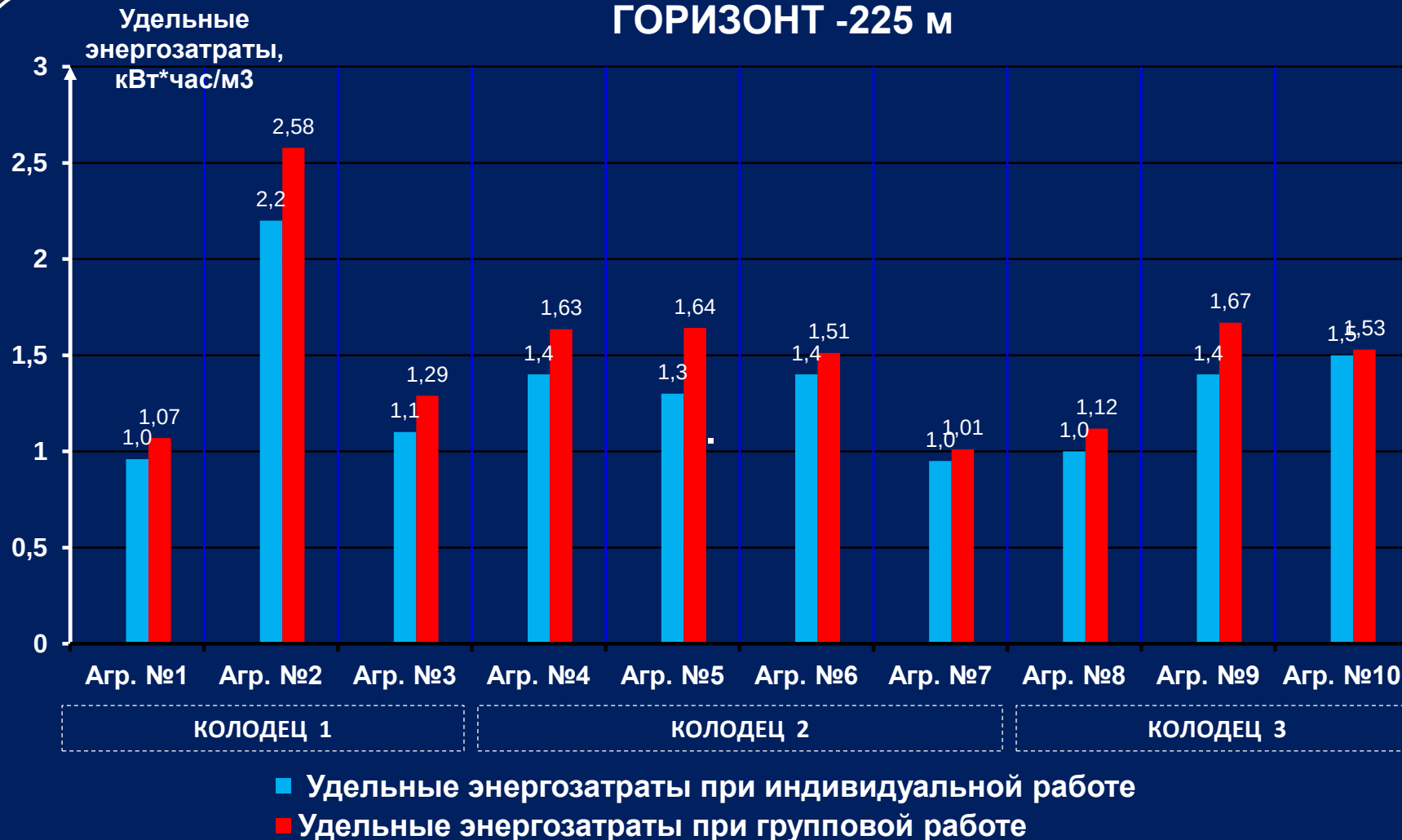
Оценка энергетических параметров

ГОРИЗОНТ -225 м



Оценка энергетических параметров

ГОРИЗОНТ -225 м



Варианты повышения энергоэффективности работы водоотливной установки

Только за счет организационных мероприятий – группирования насосных агрегатов по минимуму взаимного отрицательного влияния и управления группами насосов в соответствии с графиком нагрузки энергосистемы, для горизонта -225 м достигается годовой эффект в сумме порядка **80 000 \$**.

Этот эффект должен рассматриваться в качестве базового, т.к. в вариантах рассматривались насосные агрегаты с текущим техническим состоянием и не учитывались насосы №2 и №10, непригодные для групповой работы.

Величина энергетических потерь в технологическом агрегате определяет эффективность его работы и энергетическую стоимость единицы производимой продукции. Увеличение удельных энергетических затрат в технологическом агрегате является наиболее ранним и достоверным диагностическим признаком ухудшения его технического состояния

Комплексная техническая диагностика

Комплексная техническая диагностика, предоставляющая информацию о тренде удельных энергетических затрат, дополненная данными о механических, электрических и технологических параметрах технологического агрегата, является источником объективной информации для энергетических, механических, экономических и аналитических служб предприятия для решения различных задач, в том числе и при анализе риска технологических систем (требования ГОСТ Р 51901.1-2002 «Анализ риска технологических систем»)



Центр

Электромеханической

Диагностики

г. Днепропетровск
2011 г.