

Методологическое пособие
по передовым практикам в области
энергосбережения и повышения
энергоэффективности
Республики Казахстан

Алматы, 2021 г.

Содержание

Введение.....	16
Термины, определения и сокращения	19
1. Комплексный обзор текущего состояния политики Республики Казахстан в области энергоэффективности и повышения энергетической эффективности.....	23
1.1 Энергоемкость экономики Республики Казахстан	23
1.2 Политика Республики Казахстан в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности.....	25
1.3 Оценка потенциала энергосбережения по секторам экономики.....	33
1.3.1 Электроэнергетика	33
1.3.2 Промышленный сектор.....	38
1.3.3 Жилищно-коммунальное хозяйство и коммунальные службы	48
1.3.4 Бюджетная сфера.....	62
1.3.5 Транспортный сектор.....	67
1.4 Анализ ключевых проблем и барьеров в области энергоэффективности и повышения энергетической эффективности	79
2. Анализ НТД для энергетических предприятий	83
2.1 Описание технологических процессов, используемых в энергетике	87
2.2 Наилучшие доступные технологии в энергетике и рекомендации по их применению	94
2.2.1 Замена дутьевого вентилятора	96
2.2.2 Восстановление обмуровки котлоагрегатов	97
2.2.3 Модернизация системы очистки циркуляционной воды.....	98
2.2.4 Установка дополнительного ПВД	99
2.2.5 Реконструкция тепловой сети	99

2.2.6	Установка частотных преобразователей на двигатели мельничных вентиляторов.....	100
2.2.7	Увеличение мощности турбины.....	102
2.2.8	Механическая очистка трубок сетевых подогревателей.	102
2.2.9	Увеличение паропроизводительности РОУ-ГПП..	103
2.2.10	Уплотнение топки и газоходов котлов.....	105
2.2.11	Повышение эффективности работы станции за счет увеличения числа часов работы блоков с ПТН от IV отбора турбины.....	105
2.2.12	Установка экономайзера после электрофильтров .	106
2.2.13	Восстановление ПВД.....	110
2.2.14	Повышение эффективности работы станции за счет увеличения времени работы блоков с включенными ПВД.....	111
2.2.15	Введение в работу блочного координатора на энергоблоках.....	111
2.2.16	Снижение расхода технической воды на гидрозолоудаление.....	112
2.2.17	Потери конденсата в ТТЦ.....	113
2.2.18	Очистка трубной поверхности конденсаторов турбин.....	114
2.2.19	Возврат чистого конденсата в основной цикл, с замещением сетевой воды на нефтеловушку конденсатом после подогревателей мазута.....	116
2.2.20	Доведение тонины помола угля до нормативного значения.....	117
2.2.21	Входной контроль угля.....	119
2.2.22	Установка железотделителей на ленточный конвейер.....	121
2.2.23	Установка профильного ограждения на угольный склад.....	123

2.2.24	Повышение эффективности работы водохранилища охладителя.....	124
2.2.25	Защита водохранилища охладителя от испарения	125
2.2.26	Замена устаревших силовых трансформаторов на современные трансформаторы	126
2.2.27	Реконструкция гидроагрегатов с заменой гидрогенераторов и рабочих колес	127
2.2.28	Установка устройств плавного пуска с функцией энергосбережения на двигатели масловинтовых насосов.	129
2.2.29	Конструктивное изменение стальных шпилек шинодержателей.....	130
2.2.30	Поддержание майны водоспускной плотины (ВСП)	132
2.2.31	Замена воздушных выключателей на элегазовые выключатели-разъединители.....	135
2.2.32	Снижение технических потерь электроэнергии за счёт применения электропроводящей смазки для контактов	137
2.3	Экономические аспекты реализации наилучших доступных технологий в энергетике	139
2.4	Перспективные технологии в энергетике	140
2.4.1	Переработка золошлаковых отходов.....	140
2.4.2	Применение биомассы в качестве топлива.....	148
2.4.3	Ультразвуковой защиты от накипи.....	153
3.	Анализ НТД для предприятий химической промышленности.....	161
3.1	Описание технологических процессов, используемых в химической промышленности	165
3.2	Наилучшие доступные технологии в химической промышленности и рекомендации по их применению	166
3.2.1	Утилизация тепла газовых выбросов.....	167
3.2.2	Применение пароструйных компрессоров для утилизации низкпотенциального пара	168

3.2.3	Комбинированная выработка электроэнергии и теплоты на теплоэнергетическом оборудовании	169
3.2.4	Модернизация хлорного производства	170
3.2.5	Внедрение энергосберегающих технологий на базе термодинамического и эксергетического анализа	170
3.3	Экономические аспекты реализации наилучших доступных технологий в химической промышленности...	173
3.4	Перспективные технологии в химической промышленности	174
3.4.1	Катализ в тонком органическом синтезе витаминов и лекарственных препаратов	174
3.4.2	Дигидратно-полугидратный способ получения экстракционной фосфорной кислоты из фосфоритов каратау (коксу)	175
3.4.3	Технологические ноу-хау Uhde по мембранному способу получения хлора.....	178
4.	Анализ НТД для предприятий нефтегазовой отрасли.....	182
4.1	Описание технологических процессов, используемых в нефтегазовой отрасли	183
4.2	Наилучшие доступные технологии в нефтегазовой отрасли и рекомендации по их применению	188
4.2.1	Станции катодной защиты нового поколения типа «ПКЗ-АР»	190
4.2.2	Установка турбодетандера для обеспечения собственных нужд	192
4.2.3	Экономия газа с помощью мобильных компрессорных станций (МКС) при ремонтах трубопроводов ремонтируемого участка МГ	193
4.2.4	Установка регуляторов давления газа с встроенным теплогенератором на объектах с большим перепадом давления	194
4.2.5	Применение предварительного охлаждения воздуха на входе в ГПА на КС.....	196

4.2.6	Использование системы промывки проточной части компрессоров ГПА.....	198
4.2.7	Замена печей УН-0,2 на проточные электронагреватели нефти.....	199
4.2.8	Балансировка станков–качалок скважин с установками ШГНУ	200
4.2.9	Внедрение линейных штанговых глубинных насосов (LRP).....	201
4.2.10	Замена асинхронных двигателей на УСШН вентильными двигателями	202
4.2.11	Замена печей ПТБ-10А	203
4.2.12	Внедрение электрообогрева теплоспутников	204
4.2.13	Изменение режима работы воздуходувок.....	205
4.2.14	Перевод резервуаров воды на барботажный паровой обогрев.....	206
4.2.15	Внедрение АБХМ для охлаждения потока нефти после АВО	207
4.2.16	Реконструкция печей П-5	209
4.2.17	Модернизация печей П-4эт.....	210
4.2.18	Перевод скважин в периодический режим эксплуатации с применением интеллектуальных станций управления	211
4.3	Экономические аспекты реализации наилучших доступных технологий в нефтегазовой отрасли.....	212
4.4	Перспективные технологии в нефтегазовой отрасли.....	213
4.4.1	Турбогенераторная установка «ТурбоСфера».....	213
4.4.2	Увеличение нефтеотдачи на основе АСП	215
4.4.3	Генератор плазменного импульсного воздействия (ПИВ).....	216
4.4.4	Умные скважины	220

4.4.5	Новая модель 9832 Oil Field Series™ повышенной мощности для нагнетания давления от Allison Transmission	221
4.4.6	Инновационные технологии при эксплуатации малодобитных нефтяных скважин	222
4.4.7	Энергоэффективные приводы штанговых глубинных насосов	229
4.4.8	Лучшие мировые практики, применимые к оборудованию системы ППД	231
4.4.9	Лучшие мировые практики, применимые к оборудованию системы ППН	236
4.4.10	Установка предварительного сброса пластовой воды (УПСВ)	239
4.4.11	Промысловая подготовка нефтегазоводяной жидкости	240
4.4.12	Утилизация попутного нефтяного газа.....	241
4.4.13	Безамбарное бурение.....	242
4.4.14	Изоляция зон поглощения	243
4.4.15	Одновременно-раздельная эксплуатация	245
4.4.16	Применение в составе УСШН длинноходовых цепных приводов	246
4.4.17	Технология повышения выработки нефтяных пластов с применением композиций на основе силикатного геля	247
4.4.18	Закачка пластовой воды в нагнетательные скважины	248
4.4.19	Подготовка нефтепромысловых сточных вод для закачки в нагнетательные скважины	249
5.	Анализ НТД для горнодобывающего сектора	251
5.1	Описание технологических процессов, используемых в горнодобывающем секторе	254

5.2	Наилучшие доступные технологии в горнодобывающем секторе и рекомендации по их применению	256
5.2.1	Проект «Умный карьер»	258
5.2.2	Безвзрывные технологии разработки крепких горных пород	259
5.2.3	Горные фрезы как альтернатива взрывным работам в карьерах.....	261
5.2.4	Использование присадок для дизельного топлива	263
5.2.5	Модернизация экскаваторной техники на объектах предприятия	265
5.2.6	Использование электрифицированного транспорта на карьерах и в шахтах.....	268
5.2.7	Замена существующих компрессоров на винтовые компрессорные машины	274
5.2.8	Установка винтовой, маслозаполненной компрессорной установки в непосредственной близости от потребителя.....	277
5.2.9	Внедрение системы периодического обслуживания основного и вспомогательного оборудования системы воздухообеспечения	279
5.2.10	Внедрение рекуператоров тепловой энергии винтовых маслозаполненных компрессорных установок .	281
5.2.11	Экспресс-анализ эффективности работы компрессорной станции	284
5.2.12	Установка приборов технического учёта по системам воздухообеспечения предприятий / шахт	288
5.2.13	Анализ водно-химического режима оборотных систем водоснабжения компрессорных станций	291
5.2.14	Эффективность работы воздухоудовного оборудования очистных сооружений	291
5.2.15	Строительство собственной мини-ТЭЦ	293
5.3	Экономические аспекты реализации наилучших доступных технологий в горнодобывающем секторе.....	295

5.4	Перспективные технологии в горнодобывающем секторе	296
5.4.1	Противодействие смерзанию и пылению угля и рудных материалов	296
5.4.2	Использование отходов добычи и обогащения угля для производства гуминовых удобрений и препаратов	299
5.4.3	Цифровой двойник в горнодобывающей промышленности	300
5.4.4	Сухие методы обогащения угля	301
5.4.5	Бактерии-металлурги	302
6.	Анализ НТД для горно-обогатительного сектора	306
6.1	Описание технологических процессов, используемых в горно-обогатительном секторе	309
6.2	Наилучшие доступные технологии в горно-обогатительном секторе и рекомендации по их применению	317
6.2.1	Выдерживание проектных характеристик по сушке гранул шихты перед РТП за счет соблюдения технологии сушки в ПФС	318
6.2.2	Внедрение дискового вакуумного фильтра	319
6.2.3	Применение вертикальной мельницы для энергосберегающего тонкого помола	320
6.2.4	Подготовка окатышей и гранул в интенсивном смесителе	321
6.3	Экономические аспекты реализации наилучших доступных технологий в горно-обогатительном секторе	322
6.4	Перспективные технологии в горно-обогатительном секторе	323
6.4.1	Инновационный способ обезвоживания мелкодисперсных пульп и суспензий методом вакуумной фильтрации с дополнительным применением перегретого водяного пара	323

7.	Анализ НТД для металлургического сектора	327
7.1	Описание технологических процессов, используемых в металлургическом секторе	327
7.2	Наилучшие доступные технологии в металлургическом секторе и рекомендации по их применению	335
7.2.1	Химическая обработка оборотной воды для исключения образования отложения на внутренних стенках труб технологического оборудования.....	340
7.2.2	Внедрение теплового насоса с использованием теплоты оборотной воды сернокислотного производства	343
7.2.3	Замена трубных решеток греющих элементов выпарной батареи	345
7.2.4	Укрытие электролизных ванн в электролитном цехе.....	346
7.2.5	Внедрение котла-утилизатора на газовом рецикле рудно-термических печей и установки умягченной воды.....	347
7.2.6	Полезное использование тепла уходящих газов после печей спекания	348
7.3	Экономические аспекты реализации наилучших доступных технологий в металлургическом секторе	350
7.4	Перспективные технологии в металлургическом секторе	352
7.4.1	Применение Байер-гидрогранатовой технологии переработки железистых бокситов	352
7.4.2	Ресурсосбережении при гальванохимической обработке поверхностей	357
7.4.3	Кислородно-конвертерный и электросталеплавильный процессы.....	359
7.4.4	Водород против углерода	359
7.4.5	Прямое восстановление железа.....	360

7.4.6 Совмещенные процессы выплавки и прокатки металла.....	361
8. Анализ НТД для урановой промышленности.....	364
8.1 Описание технологических процессов, используемых в урановой промышленности.....	365
8.2 Наилучшие доступные технологии в урановой промышленности и рекомендации по их применению.....	372
8.2.1 Увеличение эффективности работы печей сушки желтого кека.....	373
8.2.2 Оптимизация режима работы градирни (в зависимости от температуры обратной воды).....	375
8.2.3 Поддержание откачных насосов в высоком работоспособном состоянии.....	376
8.2.4 Установка ЧРП на скважинные, погружные насосы.....	380
8.2.5 Установка фильтров высшей гармоника на низкой стороне трансформаторных подстанций.....	383
8.2.6 Оптимизация работы трансформаторов.....	384
8.2.7 Эффективное использование сжатого воздуха.....	385
8.2.8 Установка рекуператоров тепловой энергии на компрессорные.....	387
8.2.9 Внедрение оборотного водоснабжения.....	389
8.3 Экономические аспекты реализации наилучших доступных технологий в урановой промышленности.....	390
8.4 Перспективные технологии в урановой промышленности.....	392
8.4.1 Подземное выщелачивание урана и его преимущества.....	393
8.4.2 Насосы для подземного выщелачивания.....	394
8.4.3 Зарубежный опыт использования технологии подземного выщелачивания.....	396
8.4.4 Утилизация низкопотенциального тепла с помощью тепловых насосов.....	397

9. Анализ НТД при осуществлении хозяйственной и/или иной деятельности, актуальных для всех промышленных предприятий вне зависимости от принадлежности	399
9.1 Наилучшие доступные технологии при осуществлении хозяйственной и/или иной деятельности и рекомендации по их применению	399
9.2 Требования по энергоэффективности к системам освещения.....	400
9.3 Наилучшие доступные мероприятия	410
9.4 Требования по энергоэффективности к трансформаторам.....	411
9.5 Наилучшие доступные мероприятия	423
9.5.1 Ввод в работу неиспользуемых средств автоматического регулирования напряжения (АРН) на трансформаторах с РПН	424
9.5.2 Установка УКРМ	425
9.5.3 Установка и ввод в работу регулировочных трансформаторов.....	427
9.5.4 Внедрение симметрирующих устройств на трансформаторах напряжением 10кВ.....	428
9.5.5 Вывод одного из трансформаторов в резерв.....	429
9.5.6 Отключение трансформаторов на подстанциях с сезонной нагрузкой	430
9.5.7 Перевод на более высокое напряжение первичной обмотки	430
9.5.8 Замена трансформаторов / реконструкция подстанции.....	432
9.6 Требования по энергоэффективности к электродвигателям	434
9.7 Наилучшие доступные мероприятия	437
9.7.1 Установка устройств плавного пуска (для асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором)..	438

9.7.2	Установка ЧРП.....	440
9.7.3	Замена двигателя	441
9.7.4	Новая технология по защите металлоконструкций	444
9.8	Экономические аспекты реализации наилучших доступных технологий при осуществлении хозяйственной и/или иной деятельности	445
10.	Анализ НТД при эксплуатации зданий, строений и сооружений	448
10.1	Наилучшие доступные технологии при эксплуатации зданий, строений и сооружений	451
10.1.1	Восстановление керамзитного слоя чердачных помещений	455
10.1.2	Замена старых деревянных окон на энергоберегающие пластиковые окна	457
10.1.3	Применение низкоэмиссионных пленок на окнах объектов, отапливаемых центральным отоплением	458
10.1.4	Установка теплоотражающих экранов на стенах за приборами отопления на объектах, отапливаемых центральным отоплением	459
10.1.5	Установка общедомового прибора учета тепла.....	461
10.1.6	Установка автоматизированного теплового пункта (АТП) с погодозависимым регулированием	462
10.1.7	Установка бесконтактных или термостатических смесителей в местах общего пользования	462
10.1.8	Установка дополнительных тамбуров при входных дверях подъездов и в домах.....	463
10.1.9	Устройство воздушных завес	464
10.1.10	Система отопления помещений с применением электрических и газовых инфракрасных излучателей.....	465
10.1.11	Использование в системе приточно-вытяжной вентиляции рекуператорной установки	466

10.1.12 Оптимизация работы компьютеров и оргтехники в нерабочее время	467
10.1.13 Термомодернизация ограждающих конструкций зданий	468
10.2 Экономические аспекты реализации наилучших доступных технологий при эксплуатации зданий, строений и сооружений	469
11. Анализ НТД при эксплуатации транспорта	471
11.1 Наилучшие доступные технологии при эксплуатации транспорта	478
11.1.1 Улучшение упаковки с целью оптимизации использования транспорта.....	479
11.1.2 Оптимизация транспортной логистики	480
11.1.3 Оптимизация маршрутов движения транспортных средств	481
11.1.4 Установка системы ГЛОНАСС/GPS	482
11.1.5 Установка газобаллонного оборудования.....	483
11.1.6 Строительство теплых боксов и помещений для транспорта и локомотивов.....	485
11.1.7 Установка автоматизированной системы электропрогрева локомотивов.....	486
11.1.8 Эффективность работы эскалаторно хозяйство метрополитена	487
11.1.9 Автоматизация электрооборудования главного проветривания	488
11.1.10 Использование энергии рекуперации в метрополитене	489
11.1.11 Энергосбережение в режиме рекуперативного торможения электропоезда.....	490
11.1.12 Обточка колёсных пар и шлифования рельсов.....	490
11.1.13 Замена аккумуляторных батарей	491
11.1.14 Пескосушильные установки	491

11.1.15	Реостатные испытания тепловозов	493
11.1.16	Оптимизация расписаний движения поездов	493
11.1.17	Повышение коэффициента участковой скорости..	494
11.1.18	Снижение количества неграфиковых остановок грузовых поездов.....	494
11.1.19	Меры по снижению доли порожнего пробега грузовых вагонов и одиночного следования локомотивов.....	495
11.1.20	Повышение среднего веса грузовых поездов, в том числе за счет увеличения доли тяжеловесных грузовых поездов.....	495
11.1.21	Применение на электровозах рекуперации энергии торможения и подтормаживания на спусках	498
11.1.22	Компенсация реактивной мощности на электровозах.....	499
11.2	Экономические аспекты реализации наилучших доступных технологий при эксплуатации транспорта	501
11.3	Перспективные технологии в транспорте	502
11.3.1	Ресурсосбережение в путевом хозяйстве за счет лубликации (смазывания) рельсов, а также профильной шлифовки, острожки, фрезеровки рельсов	502
11.3.2	Локомотивы на альтернативных видах топлива....	505
11.3.3	Маглев или поезд на магнитной подушке.....	508
11.3.4	Водородные автомобили.....	510
12.	Заключительные положения и рекомендации	512
13.	Библиография.....	514

Введение

Методологическое пособие по передовым практикам в области энергосбережения и повышения энергоэффективности Республики Казахстан разработано ТОО «Energy Partner», по заказу ОЮЛ «Казахстанская Ассоциация Энергоаудиторов при поддержке Федерального министерства экономики и энергетики Германии в контексте Энергетического Диалога между Казахстаном и Германией, реализуемого Немецким энергетическим агентством (dena).

Методологическое пособие по передовым практикам в области энергосбережения и повышения энергоэффективности Республики Казахстан рекомендовано к использованию НАО «Международный Центр зеленых технологий и инвестиционных проектов» (IGTIPС).

Методологическое пособие по передовым практикам в области энергосбережения и повышения энергоэффективности Республики Казахстан введено на территории Республики Казахстан впервые и носит рекомендательный характер.

Методологическое пособие по передовым практикам в области энергосбережения и повышения энергоэффективности Республики Казахстан не может быть полностью или частично воспроизведено, тиражировано и распространено в качестве официального издания без разрешения ОЮЛ «Казахстанская Ассоциация Энергоаудиторов» и Немецкого энергетического агентства DENA. Цитирование документа разрешено только в случае оформления прямой ссылки на источник, которым является настоящий документ.

Авторский коллектив включает:

Токбаев Д.Г. - Президент ОЮЛ «КАЭ»;

Исхакова А.Т. - Исполнительный директор ОЮЛ «КАЭ»;

Бачурин А.Г. – Главный инженер проектов ТОО «Energy Partner» и по совместительству Вице-президент ОЮЛ «Казахстанская Ассоциация Энергоаудиторов»;

Хасенов А.К. – Управляющий директор по производству ТОО «Energy Partner»;

Кравцов Е.Г. – Начальник отдела энергетических аудитов ТОО «Energy Partner»;
Проскуракова М.Н. – Инженер ТОО «Energy Partner»;
Азиза Биржанова – Инженер ТОО «Energy Partner».

Методологическое пособие по передовым практикам в области энергосбережения и повышения энергоэффективности Республики Казахстан содержит информацию об основных технологических процессах, применяемых в определенной отрасли промышленности, выделяет основные критерии, дающие возможность определить наилучшие мероприятия в области энергосбережения и повышения энергоэффективности. Помимо этого, в руководстве по передовым практикам описываются перспективные технологии, тем самым определяя направление развития отрасли.

Методологическое пособие по передовым практикам в области энергосбережения и повышения энергоэффективности Республики Казахстан носит методический и справочный характер, и предназначено для обращения к нему со стороны лиц, занимающихся энергетическим менеджментом и проведением энергетического аудита.

Методологическое пособие по передовым практикам в области энергосбережения и повышения энергоэффективности Республики Казахстан может быть использовано субъектами ГЭР при взаимодействии с энергоаудиторскими компаниями в момент проведения энергетического аудита.

Настоящий документ представляет собой сводку информации, собранной из ряда источников.

Основными направлениями совершенствования технологических процессов с целью повышения эффективности использования энергетических ресурсов в промышленности являются:

- повышение уровня утилизации ВЭР;
- осуществление комплекса организационно-технических мероприятий, направленных на улучшение системы учета и контроля расхода энергоресурсов на всех уровнях производства;

- расширение использования применяющихся, создание и внедрение новых энергосберегающих технологий, оборудования, менее энергоемких конструкционных и строительных материалов;

- совершенствование действующих технологических процессов, модернизация и реконструкция основных фондов при обязательном улучшении их энерготехнологических характеристик.

Термины, определения и сокращения

В настоящем руководстве используются следующие термины и определения:

Анализ информации по энергопотреблению - определение показателей энергетической эффективности и резервов энергосбережения на основе собранной документальной информации и инструментальных данных обследования.

Асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором (далее – электродвигатели) - электродвигатель без подвижных контактов, коллекторов, контактных колец или электрических контактов, присоединенных к ротору.

Государственный энергетический реестр - систематизированный свод информации о субъектах Государственного энергетического реестра.

Заказчик - юридическое лицо или индивидуальный предприниматель, имеющий на своем балансе здания, сооружения, промышленные предприятия, потребляющие топливно-энергетические ресурсы.

Инструментальное обследование - измерение и регистрация характеристик режимов работы и энергопотребления энергетических установок предприятий, при помощи стационарных или переносных измерительных и регистрационных приборов.

Класс энергоэффективности электрического энергопотребляющего устройства - уровень экономичности энергопотребления электрического энергопотребляющего устройства, характеризующий его энергоэффективность на стадии эксплуатации.

Коэффициент полезного действия электродвигателя (далее - КПД) - коэффициент, выраженный в процентах, равный отношению полезной мощности на валу электродвигателя к активной мощности, потребляемой электродвигателем из сети, выраженный в киловаттах.

Масляный трансформатор - трансформатор с жидким диэлектриком, в котором основной изолирующей средой и теплоносителем служит трансформаторное масло.

Номинальная мощность - числовое значение выходной мощности, включенное в номинальные данные.

Обмотка - совокупность витков, образующих электрическую цепь с целью получения одного из напряжений трансформатора. Примечание: для трехфазного трансформатора под «обмоткой» подразумевается совокупность соединяемых между собой обмоток одного напряжения всех фаз (МЭС 421-03-01).

Показатель энергетической эффективности - количественная характеристика уровней рационального потребления и экономного расходования ТЭР при создании продукции, реализации процессов, проведении работ и оказании услуг, выраженная в виде абсолютного, удельного или относительного показателя их потребления (потерь).

Потенциал энергосбережения - количество ТЭР, которое можно сберечь в результате реализации технически возможных и экономически оправданных мер, направленных на эффективное их использование и вовлечение в хозяйственный оборот возобновляемых источников энергии при условии сохранения или снижения техногенного воздействия на окружающую и природную среды.

Потребитель ТЭР - юридическое лицо (организация), независимо от формы собственности, индивидуальный предприниматель, использующие топливно-энергетические ресурсы для производства продукции, услуг, а также на собственные нужды.

Разработка рекомендаций и программ по энергосбережению - определение организационных, технических и технологических предложений, направленных на повышение энергоэффективности объекта энергетического обследования, с обязательной оценкой экономической и технической возможностей их реализации, прогнозируемого технико-экономического эффекта.

Сбор документальной информации - сбор данных о потребителе ТЭР, производстве продукции, услуг, технологических параметрах, технико-экономических показателях и т.п., необходимых для расчета показателей энергетической эффективности объекта.

Силовой трансформатор - статическое устройство, имеющее две или более обмотки, предназначенное для преобразования посредством электромагнитной индукции одной или нескольких систем переменного напряжения и тока в одну или несколько других систем переменного напряжения и тока, имеющих обычно другие значения при той же частоте, с целью передачи мощности (МЭС 421-01-01).

Сухой трансформатор - трансформатор, в котором основной изолирующей средой служит атмосферный воздух или другой газ, или твердый диэлектрик, а охлаждающей средой - атмосферный воздух.

Топливо-энергетические ресурсы – совокупность природных и произведенных энергоносителей, запасенная энергия которых при существующем уровне развития техники и технологии доступна для использования в хозяйственной деятельности.

Частотный преобразователь для регулирования скорости вращения - преобразователь электрической энергии для непрерывного контроля подаваемой на электродвигатель электрической энергии, с целью преобразования ее в механическую, в соответствии с задаваемой скоростной характеристикой крутящего момента нагрузки путем изменения частоты переменного тока питающей сети.

Электродвигатель – электромеханическое устройство, предназначенное для преобразования электрической энергии в механическую энергию вращательного либо поступательного движения.

Энергетическая эффективность (энергоэффективность) - характеристики, отражающие отношение полезного эффекта от использования энергетических ресурсов к затратам энергетических ресурсов, произведенным в целях получения такого эффекта.

Энергосберегающее оборудование - оборудование, позволяющее повысить эффективность использования энергетических ресурсов.

Энергосберегающий материал - материал, позволяющий повысить эффективность использования энергетических ресурсов.

Энергетический аудит (энергоаудит) - сбор, обработка и анализ данных об использовании энергетических ресурсов в целях оценки возможности и потенциала энергосбережения, подготовка заключения.

Энергетические ресурсы - совокупность природных и произведенных носителей энергии, запасенная энергия которых используется в настоящее время или может быть использована в перспективе в хозяйственной и иных видах деятельности, а также виды энергии (атомная, электрическая, химическая, электромагнитная, тепловая и другие виды энергии).

Эффективное использование энергетических ресурсов - достижение технически возможного и экономически оправданного уровня использования энергетических ресурсов.

Энергоаудиторская организация - юридическое лицо, осуществляющее энергоаудит.

Энергоаудитор - физическое лицо, имеющее аттестат энергоаудитора в области энергосбережения и повышения энергоэффективности.

Энергосервисная компания - юридическое лицо, выполняющее за счет собственных и (или) привлеченных средств в рамках энергосервисного договора работы (услуги) в области энергосбережения и повышения энергоэффективности, в том числе с привлечением подрядных организаций.

Энергосбережение - реализация организационных, технических, технологических, экономических и иных мер, направленных на уменьшение объема используемых энергетических ресурсов.

1. Комплексный обзор текущего состояния политики Республики Казахстан в области энергоэффективности и повышения энергетической эффективности

1.1 Энергоемкость экономики Республики Казахстан

Сегодня Республика Казахстан является страной с высокой энергоемкостью экономики занимая 114 место из 147 стран (0,38 тонн нефтяного эквивалента на тысячу долларов в ценах 2010 года) и превышая в 3,5 раза средний уровень стран Организации экономического сотрудничества и развития (0,12 тонн нефтяного эквивалента на тысячу долларов в ценах 2010 года). Кроме того, Казахстан занимает 69 место среди 132 стран по индексу экологической эффективности. Этот показатель измеряет достижения страны с точки зрения состояния экологии и управления природными ресурсами.

Вместе с тем Казахстан имеет огромный природный потенциал, восстановление которого возможно с помощью снижения энергоемкости ВВП, энергосбережения и повышения энергоэффективности, «зелёной» экономики, возобновляемой энергетики, органического сельского хозяйства, экологического туризма и целого ряда новых зелёных отраслей (биоэнергетики, углехимии, аквакультуры, производства экологических строительных материалов, органических удобрений из отходов и др.).

И не случайно Казахстан стал инициатором целого ряда инициатив, направленных на снижение энергоемкости ВВП, энергосбережение и повышение энергоэффективности, «зелёную» экономику, энергию будущего, переход к новому технологическому укладу, достижение целей устойчивого развития. Но их реализация требует консолидации ответственности, бизнеса и науки, выстраивание системного диалога с государством, международными организациями.

Понятие «зеленой экономики» во многом коррелирует с широко употребляемым понятием «устойчивое развитие», основной смысл которого сводится к тезису, что современное развитие должно не только удовлетворять потребности

настоящего времени, но и не ставить под угрозу способность будущих поколений удовлетворять свои потребности. «Зеленая экономика», опирающаяся на широкое использование возобновляемых источников энергии, ресурсосберегающих технологий и переработку отходов, безусловно, является необходимым элементом устойчивого развития.

В этой связи в настоящее время ключевыми направлениями деятельности Республики Казахстан являются переход к «зеленой» экономике, снижение энергоемкости ВВП и устойчивое развитие в соответствии с принятыми на себя международными обязательствами в рамках следующих документов:

- Резолюция «Будущее, которого мы хотим» (также именуемая «Рио+20»), принятая по итогам Конференции ООН в Рио-де-Жанейро по устойчивому развитию в 2012 году;
- Цели устойчивого развития, принятые по итогам 70-сессии Генеральной Ассамблеи ООН в сентябре 2015 года;
- Рамочная конвенция ООН об изменении климата (также именуемая Парижским соглашением), принятая по итогам Конференции по климату в Париже в декабре 2015 года.

13 декабря текущего года прошел виртуальный Саммит по климатическим амбициям 2020, приуроченный к 5-летней годовщине принятия Парижского соглашения по климату, в работе которого приняли участие 75 глав государств и правительств. В рамках своего выступления Президент Республики Казахстан К.-Ж.К. Токаев заявил о готовности государства бороться с изменениями климата. Казахстан взял на себя обязательство достичь углеродной нейтральности к 2060 году. Для достижения этой цели в республике будет разработана и принята амбициозная долгосрочная стратегия по сокращению эмиссий и декарбонизации экономики.

Вопросы снижения энергоемкости ВВП, перехода Республики Казахстан к «зеленой» экономике, а также устойчивого развития рассматриваются в ряде стратегических документов и программ Республики Казахстан.

1.2 Политика Республики Казахстан в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности

В течение последних лет вопросам повышения энергоэффективности и энергосбережения в Республике Казахстан уделяется особое внимание. В настоящее время создана нормативно-правовая база в данной области и государственными органами РК ведется активная работа по созданию полноценной системы энергоэффективности с учетом мероприятий по модернизации отраслей экономики, внедрению механизма технического регулирования и энергетического учета предприятий, повышению качества управления и квалификации производственного персонала, а также пропаганде энергосбережения среди населения и повышению инвестиционной привлекательности проектов повышения энергоэффективности. Так, посланием Президента Республики Казахстан народу Казахстана от 29 января 2010 года «Новое десятилетие - новый экономический подъем - новые возможности Казахстана» и Государственной программой по форсированному индустриально-инновационному развитию Республики Казахстан на 2010 - 2014 годы в области энергосбережения поставлена задача по снижению энергоемкости ВВП не менее чем на 10% к 2015 году и 25% к 2020 году. Однако Республиканская программа «Энергосбережение 2020» ставит перед страной более амбициозные цели по снижению энергоемкости ВВП на 40% к 2020 году. Кроме того, реализуются комплексные, региональные и отраслевые планы повышения энергоэффективности. Создан Технический комитет по стандартизации в данной области.

Значимым этапом развития государственной политики в данной области стало принятие в январе 2012 года законов Республики Казахстан «Об энергосбережении и повышении энергоэффективности» и «О внесении изменений и дополнений в некоторые законодательные акты Республики Казахстан по вопросам энергосбережения и повышения энергоэффективности». В рамках указанных законов приняты 22 нормативных правовых акта, предусматривающих:

1. поэтапное введение запрета на использование ламп накаливания;
2. введение нормативов энергопотребления для всех видов промышленной продукции и услуг. Все промышленные предприятия обязаны соответствовать данным нормативам;
3. введение обязательных требований по энергоэффективности для всех видов транспорта, электродвигателей, а также для зданий, строений, сооружений, и их проектным документациям;
4. введение классов энергоэффективности зданий, строений, сооружений и правил их определения и пересмотра;
5. принятие правил проведения энергоаудита на промышленных предприятиях и зданиях;
6. введение требований по внедрению систем энергоменеджмента на предприятиях, потребляющих более 1500 т.у.т. (1050 т.н.э.) в год;
7. утверждение типового добровольного соглашения в области энергосбережения и повышения энергоэффективности, заключаемое на трехсторонней основе между уполномоченным органом в области энергосбережения и повышения энергоэффективности, областным акиматом и крупным промышленным потребителем энергетических ресурсов. Для субъектов, заключивших такое соглашение, местные представительные органы будут вправе не повышать ставки платы на выбросы в окружающую среду;
8. введение механизма оценки деятельности местных исполнительных органов по вопросам энергосбережения и повышения энергоэффективности;
9. утверждение правил деятельности учебных центров по переподготовке и повышению квалификации физических и юридических лиц, осуществляющих энергоаудит и (или) экспертизу энергосбережения, а также созданию, внедрению и организации системы энергоменеджмента.

Одним из главных механизмов действия новой законодательной базы является создание Государственного энергетического реестра (далее - ГЭР), субъектами которого являются индивидуальные предприниматели и юридические лица, потребляющие энергетические ресурсы в объеме, эквивалентном 1500 и более т.у.т. (1050 т.н.э.) в год, а также государственные учреждения и компании, доля в которых принадлежит государству. Все субъекты ГЭР, за исключением государственных учреждений, проходят обязательный энергетический аудит не реже одного раза каждые пять лет.

Обязательные энергетические аудиты выполняются в соответствии с Правилами проведения энергоаудита, утвержденными Приказом Министра по инвестициям и развитию Республики Казахстан от 31 марта 2015 года № 400.

В рамках разработки «Методологического пособия по передовым практикам в области энергосбережения и повышения энергоэффективности Республики Казахстан» разработаны:

- Рекомендованный стандарт по оформлению заключения, составленного по результатам энергетического аудита;
- Рекомендованный стандарт «Энергетический аудит. Базовое руководство».

Данные стандарты являются неотъемлемой частью «Методологического пособия по передовым практикам в области энергосбережения и повышения энергоэффективности Республики Казахстан» оформленной в качестве Приложения №1 и Приложения №2. Настоящие стандарты введены на территории Республики Казахстан впервые и носят рекомендательный характер.

Кроме того, все субъекты ГЭР должны внедрить и организовать работу системы энергоменеджмента.

В этой связи Комитетом по техническому регулированию и метрологии Министерства по инвестициям и развитию Республики Казахстан был утвержден стандарт СТ РК ISO 50001-2012 «Системы энергоменеджмента. Требования и руководство по применению» и разработана методика проведения энергоаудита в зданиях.

В качестве основного документа в части энергоэффективности в августе 2013 года Правительством Казахстана была утверждена Республиканская программа «Энергосбережение-2020» (далее – Программа), содержащая анализ текущей ситуации по отдельным секторам экономики, определение целей и план мероприятий по их достижению.

В Программе поставлены следующие задачи:

- модернизация и повышение энергоэффективности промышленности;
- снижение уровня потерь в энергии и теплосетях;
- масштабная пропаганда энергосбережения среди населения;
- разработка и внедрение механизмов, стимулирующих энергосбережение и повышение энергоэффективности;
- формирование механизмов стимулирования деятельности энергосервисных компаний;
- подготовка кадров в области энергосбережения и повышения энергоэффективности;
- снижение потребления топлива в транспортном секторе;
- снижение удельных затрат на выработку 1 кВт*ч электроэнергии, 1 Гкал теплоэнергии.

Несмотря на значительные успехи Республики Казахстан в формировании необходимой законодательной базы, существенного прогресса в области энергосбережения и повышения энергоэффективности следует ожидать в период после 2015 года, когда начнут реализовываться мероприятия, запланированные по результатам проведенных энергетических аудитов. Реализацию намеченных планов в данной области можно значительно продвинуть путем совершенствования действующего законодательства и принятия мер организационно-информационного характера.

И, как следствие, были приняты ряд документов:

- Постановление Правительства РК №857 от 25 августа 2003 года «О развитии ветроэнергетики»;
- Закон Республики Казахстан «О поддержке использования возобновляемых источников энергии» от 4 июля 2009 года №165-IV (с изменениями и дополнениями от 28.12.2018 года);
- Утвержден приказом Министра по инвестициям и развитию Республики Казахстан от 31 марта 2015 года № 400. «Об утверждении Правил проведения энергоаудита» (с изменениями и дополнениями от 14.07.2017 года);
- Утвержден приказом Министра по инвестициям и развитию Республики Казахстан от 31 марта 2015 года № 405 «Об утверждении требований по энергосбережению и повышению энергоэффективности, предъявляемых к предпроектным и (или) проектным (проектно-сметным) документациям зданий, строений, сооружений»;
- Утвержден приказом Министра по инвестициям и развитию Республики Казахстан от 31 марта 2015 года № 399. «Об утверждении Правил определения и пересмотра классов энергоэффективности зданий, строений, сооружений» (с изменениями и дополнениями от 05.06.2018 года);
- Утвержден приказом и.о. Министра по инвестициям и развитию Республики Казахстан от 26 ноября 2015 года № 1106. «Об утверждении формы маркировки зданий, строений, сооружений по энергоэффективности».

На ряду с основными Законами параллельно ведется работа по изменению НТД.

- Утверждена приказом Председателя Комитета государственного энергетического надзора Министерства индустрии и новых технологий Республики Казахстан от 24 сентября 2010 года № 84-П. «Методика проведения экспертизы энергосбережения энергопотреб-

- ляющего оборудования объектов в гражданских зданиях»;
- Утверждена приказом Агентства Республики Казахстан по делам строительства и жилищно-коммунального хозяйства от 29.12.2010 г. № 606, введен с 01.05.2011г. «Инструкция по проведению сканирования, энергомониторинга и энергоаудита в зданиях»;
 - «Методика проведения энергоаудита» разработана Проектом ПРООН и ОЮЛ «Казахстанская ассоциация энергоаудиторов», утверждена приказом АДСЖКХ;
 - МСН 2.04-02-2004 «Тепловая защита зданий»;
 - СН РК 2.04-21-2004* «Энергопотребление и тепловая защита гражданских зданий»;
 - СН РК 2.04-21-2004 Энергопотребление и тепловая защита гражданских зданий (с изменениями и дополнениями по состоянию на 06.11.2019 г.);
 - СН РК 2.04-04-2011 «Тепловая защита зданий» - введен в действие с 2015 года;
 - СП РК 1.04-101-2012 «Обследование и оценка технического состояния зданий и сооружений»;
 - СН РК 4.01-06-2011 «Правила по проектированию и эксплуатации установок солнечного горячего водоснабжения»;
 - СН РК 4.02-01-2011 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха» (с изменениями от 23.11.2018 г.);
 - СП РК 4.02-101-2012 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха» (с изменениями и дополнениями по состоянию на 02.09.2019 г.);
 - СП РК 2.04-106-2012* «Проектирование тепловой защиты зданий» (с изменениями от 01.04.2019 г.);
 - СН РК 3.02-38-2013 «Энергосберегающие здания»;
 - СП РК 3.02-138-2013 «Энергосберегающие здания» (с изменениями от 01.04.2019 г.);

- СП РК 3.02-140-2013 «Проектирование энергоэффективных, экологически чистых коттеджных зданий с применением альтернативных источников энергии»;
- СН РК 2.04-04-2013 «Строительная теплотехника»;
- СП РК 2.04-107-2013 «Строительная теплотехника» (с изменениями от 01.04.2019 г.);
- СП РК 3.02-139-2014 «Проектирование энергопассивных зданий»;
- СП РК 4.02-106-2013 «Автономные источники теплоснабжения» (с изменениями от 01.04.2019 г.);
- СН РК 4.02-02-2011 «Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов»;
- СН РК 3.02-01-2018 «Здания жилые многоквартирные».

В Казахстане имеется необходимая нормативно-техническая база в области проектирования, строительства и эксплуатации энергоэффективных зданий, но она требует дальнейшего совершенствования по направлениям:

1. Утверждать класс ЭЭ при выдаче АПЗ и задании на ПИР.
2. Стимулировать введение штатной единицы - по энергоэффективности в проектных организациях.
3. Ввести персональную ответственность проектировщика за достижение установленного Класса ЭЭ объекта.
4. Создание и актуализация базы данных ЭЭ материалов и конструкций.
5. Совершенствовать нормативно-технические документации.
6. Публичность информации о Классе ЭЭ объекта в разрешении на строительство и Паспорте объекта.
7. Стимулирование производителей стройматериалов через создание единого Реестра данных материалов, имеющих Маркировку энергетической эффективности.

8. Развитие системы контроля качества строительства через повышение ответственности службы технического надзора заказчика.
9. Проведение тепловизионной съемки при приемке объекта, совершенствование процедуры приемки объекта в эксплуатацию.
10. Создание Эксплуатирующей организации до ввода объекта в эксплуатацию с целью объективной и принципиальной приемки.
11. Испытание смонтированного оборудования и фиксация фактических показателей ЭЭ.
12. Проверка достижения установленного Класса ЭЭ - Фиксация фактических показателей Энергопаспорта.
13. Принятие решение о Приемке объекта в эксплуатацию или Условной Приемки на период гарантийного срока эксплуатации.
14. Разработка мероприятий по достижению заявленных параметров ЭЭ в гарантийный период.
15. Реализация Подрядчиком и Заказчиком объекта мероприятий по достижению заданного Класса энергоэффективности (при наличии проблем).
16. Мониторинг показателей энергоэффективности объекта в гарантийный период.
17. Энергоаудит объекта на дату завершения гарантийного периода эксплуатации с целью контроля Класса энергоэффективности объекта.
18. Принятие решения при окончательной Приемке объекта в эксплуатацию.
19. Присвоение Класса ЭЭ объекту.
20. Маркировка Класса ЭЭ объекта.

1.3 Оценка потенциала энергосбережения по секторам экономики

Согласно данным АО «Института развития электроэнергетики и энергосбережения», общий потенциал энергосбережения, определенный по результатам энергетических аудитов по принятым мероприятиям, составляет 4,9 млн. т.у.т. (общий потенциал около 17,2 млн. т.у.т.). При этом оценка потенциала сбережения электроэнергии составляет более 5 млрд. кВт*ч.

Экспертная оценка ОЮЛ «Казахстанская Ассоциация Энергоаудиторов» составлена и представлена с использованием субъективных оценочных методов, в основе которой лежат результаты энергетических аудитов. Учитывая субъективность данной оценки и неполную сборку итогов энергоаудита, выявленный потенциал не может являться целевым ориентиром для государственной политики в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности. В то же время данная оценка потенциала может быть использована в качестве «вызова» при определении внутренних целей предприятий.

1.3.1 Электроэнергетика

По состоянию на 01.01.2020 г. общая установленная мощность электростанций Казахстана составляет 22 936,6 МВт, располагаемая мощность — 19 329,7 МВт. Производство электрической энергии в Казахстане осуществляют 158 электрических станций различной формы собственности. Годовой максимум нагрузок в Единой электроэнергетической системе Казахстана за прошедший ОЗП зафиксирован 26 ноября 2019 года и составил 15 182 МВт.

По итогам 2019 года в структуре производства электроэнергии в Казахстане доминирует угольная генерация, на долю которой приходится 81,1 % от общего производства электроэнергии в стране. Газовые электростанции производят 8,5 %, гидроэлектростанции - 9,4 %, а на ветровые и солнечные электростанции приходится 0,6 % и 0,4 % производства электроэнергии в стране.

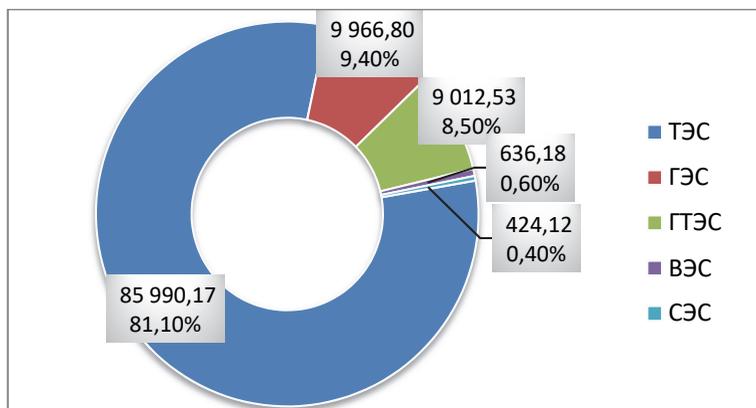


Рис. 1.3.1-1 Структура производства электроэнергии в Казахстане

Наиболее энергоемкими ТЭС в РК являются Экибастузские ГРЭС 1 и 2, Аксуская ГРЭС и Карагандинская ГРЭС-2, на Рис. 1.3.1-2 приведены их основные показатели эффективности, выраженные в виде удельного расхода топлива. Наилучший УРУТ отмечается у Аксуской электростанции, входящей в Группу Компаний ERG, соответствующий среднемировым значениям для данного типа электростанций. Наихудший УРУТ у Карагандинской ГРЭС-2, входящей в состав Группы компаний Казахмыс.

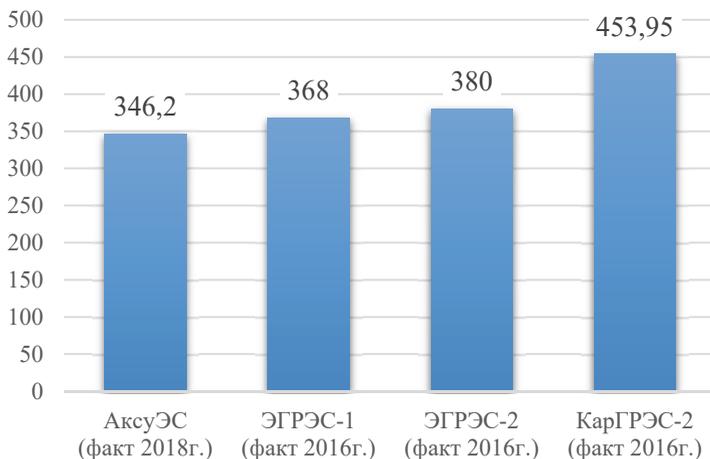


Рис. 1.3.1-2 Удельный расход топлива на крупнейших ТЭС РК, грамм условного топлива на кВт*ч

Единственная атомная электростанция в Казахстане находилась в городе Актау с реактором на быстрых нейтронах с мощностью в 350 МВт. За сутки БН-350 опреснял 120 тыс. кубометров воды и для своего времени БН-350 был передовой инновацией. Топливо для реактора не только не расходовалось — оно «размножалось». Теплоносителем был металл натрия в жидком виде. Станция давала тепло и свет, опресняла воду, производила дистиллят и могла вырабатывать плутоний. АЭС работала в период с 1973—1999 годах. В настоящий момент атомная энергия в Казахстане не используется, работают несколько исследовательских ядерных реакторов в Институте Ядерной Физики и два реактора работают в Курчатове (ВКО) в бывшем центре Семипалатинского ядерного полигона.

Действующие предприятия Казахстана по генерации имеют высокий удельный расход топлива на производство электрической и тепловой энергии по отношению к развитым странам.

Энергоэффективность мощных энергетических блоков угольных КЭС напрямую зависит от нагрузки и от

соблюдения параметров термодинамического цикла, которые во многом определяются техническим состоянием оборудования. Работа на пониженной нагрузке, отклонения от проектной схемы, снижение параметров пара приводят к существенному увеличению удельных расходов условного топлива по отношению к нормативным значениям.

По оценкам экспертов, на первоначальном этапе требуется проведение на электростанциях малозатратных мероприятий по оптимизации режимов работы энергетического оборудования, оптимизации числа пусков и остановок котельных агрегатов, с учетом прогнозирования тепловой нагрузки, что способствует снижению потребления топливных ресурсов.

Для достижения максимального снижения потребления ресурсов потребуются большие капитальные затраты, но на первоначальном этапе необходимо сделать следующее:

- Развивать опыт привлечения инвестиций в модернизацию устаревшей инфраструктуры в секторах производства, передачи и распределения электроэнергии в целях минимизации потерь.
- Внести в законодательство РК поправки в части обеспечения надежности и качества электроснабжения, предусматривающих увеличение степени ответственности за несоблюдение требований по качеству электроэнергии, как электропроводящими, энергопередающими компаниями, так и крупными потребителями электроэнергии.
- Проработать вопрос сертификации электроэнергии на уровне РЭК крупных узлах потребления.
- Разработать систему стимулирования проектов по энергосбережению и повышению энергоэффективности в энергетике.
- Разработать и принять государственные программы модернизации и развития РЭК с определением требуемых инвестиций и их источников, учитывающих основные проблемы в отрасли: снижение потерь, повышение надежности и качества электроснабжения, а также установление требований к собственникам РЭК

по срокам их достижения с внесением соответствующих изменений в тарифы.

- Разработать механизмы стимулирования энергосбережения путем внесения изменений в правила и порядок регулирования тарифов.
- Разработать и актуализировать нормативно-правовую базу по расчету и нормированию потерь электроэнергетики, осуществлению мероприятий по снижению потерь, определению предельно допустимых перетоков мощности по транзитам и сечениям электрических сетей НЭС.
- В рамках проведения энергетических аудитов РЭК, необходимо определить экономически обоснованный потенциал энергосбережения и снижения уровня потерь в распределительных сетях.
- Выполнить корректировку планов затрат государственных учреждений и государственных компаний в части мероприятий по снижению потребления электроэнергии с учетом наибольшей приоритетности данных мероприятий.

Исходя из проблем этого сектора, можно выделить основные области, в которых может быть снижено потребление энергоресурсов.

Ниже в Табл. 1.3.1-1 представлен перечень мероприятий и потенциал энергосбережения.

Табл. 1.3.1-1 Мероприятия и потенциал энергосбережения

№	Наименование мероприятия	Потенциал энергосбережения
1	Проведение на электростанциях малозатратных мероприятий по оптимизации режимов работы энергетического оборудования, оптимизации числа пусков и остановок котельных агрегатов, с учетом прогнозирования тепловой нагрузки	10%
2	Модернизация основного генерирующего оборудования ТЭС	До 20%

3	Модернизация тепловых и электрических сетей	До 20% от потребления
4	Модернизация промышленной сферы	До 20% в зависимости от глубины модернизации и сектора промышленности

1.3.2 Промышленный сектор

Промышленный сектор Казахстана представлен следующими основными секторами: горнодобывающая, обрабатывающая, строительная, транспортная, водоснабжение, энергетика. Также развиты химическая и машиностроительная отрасли.

Исходя из проведенного анализа, экспертами ОЮЛ «Казахстанская Ассоциация Энергоаудиторов», наиболее энергоемкими секторами экономики являются горнодобывающая и обрабатывающая.

На Рис. 1.3.2-1 представлено потребление тепловой энергии различными секторами за период 2015-2019 гг.

1. Комплексный обзор текущего состояния политики Республики Казахстан в области энергоэффективности

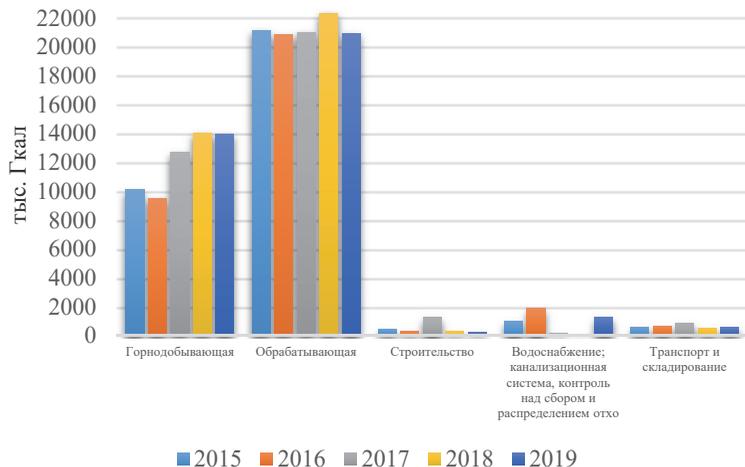


Рис. 1.3.2-1 Потребление тепловой энергии секторами промышленности за 2015-2019 гг.

Как видно из рисунка, в целом по секторам промышленности потребление тепловой энергии за рассматриваемый период равномерное. Небольшие изменения в объемах потребления в виде роста за последние три года наблюдаются по горнодобывающему сектору.

На Рис. 1.3.2-2 представлена динамика потребления электроэнергии различными секторами промышленности за период 2015-2019 гг.

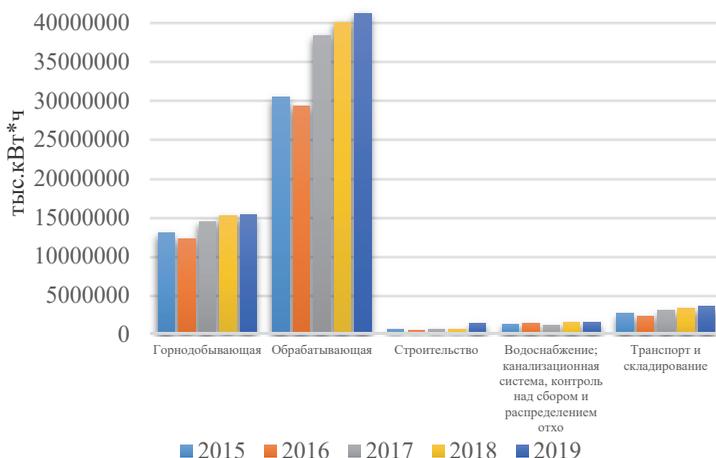


Рис. 1.3.2-2 Потребление электрической энергии секторами промышленности за 2015-2019 гг.

Как видно из рисунка, структура потребления электроэнергии по секторам экономики, кроме обрабатывающего сектора, за анализируемый период изменялась незначительно. В обрабатывающей промышленности отмечен значительный рост в период с 2017-2019 гг.

Далее на Рис. 1.3.2-3 представлена динамика потребления энергоресурсов в тоннах условного топлива за период 2015-2019 гг.

1. Комплексный обзор текущего состояния политики Республики Казахстан в области энергоэффективности

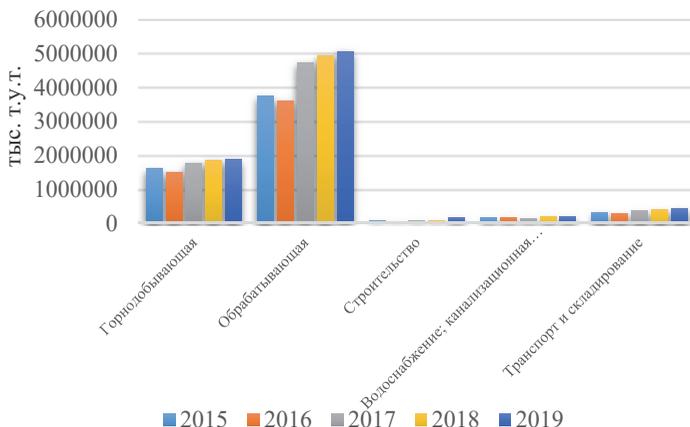


Рис. 1.3.2-3 Потребление энергоресурсов в пересчете на тонны условного топлива за период 2015-2019 гг.

Как видно из рисунка, при увеличении потребления энергоресурсов в натуральном выражении приводит к увеличению энергоресурсов в условном исчислении. Изменения в объемах потребления в виде роста за последние три года наблюдаются по горнодобывающему и обрабатывающему секторам.

Ниже на Рис. 1.3.2-4 представлена структура потребления энергоресурсов по секторам промышленности.



Рис. 1.3.2-4 Структура потребления энергоресурсов по секторам промышленности за 2019 г.

Как видно из рисунка, обрабатывающая и горнодобывающая секторы являются наиболее энергоемкими. На долю обрабатывающей и горнодобывающей промышленности приходится более 80 % всех энергоресурсов. Остальные сектора занимают менее 15 %.

Основные промышленные предприятия Республики Казахстан эксплуатируют морально и физически устаревшее оборудование как для основных, так и для вспомогательных технологических процессов. По отдельным секторам физический износ оборудования составляет 45-60 %. Также на этот показатель влияет недогрузка отдельных секторов промышленности, в частности обогатительных фабрик. Кроме того, данная ситуация влияет на высокое удельное потребление энергоресурсов, что связано с низкой долей использования вторичных энергоресурсов.

Наиболее энергоемкие предприятия Республики (Группа Компаний Казцинк, Группа Компаний ERG, Группа Компаний Казахмыс) имеют собственную, как правило, угольную генерацию, обеспечивая тем самым свои производственные объекты электрической и тепловой энергией с низкой себестоимостью. Как следствие, это приводит к снижению экономической мотивации к энергосбережению и к нерентабельности энергосберегающих проектов в условиях низкой себестоимости. Кроме того, в Республике Казахстан отмечаются высокие потери при транспортировке тепловой энергии – до 37 %.

Учитывая это, основные мероприятия по энергоэффективности следует всё-таки применять именно в энергоемких секторах.

Потенциал энергосбережения в сфере промышленности может быть оценен, исходя из выявленных проблем, где можно выделить первоочередные направления, в которых возможно получить снижение потребления энергоресурсов.

Мероприятия и потенциал энергосбережения по некоторым направлениям представлены ниже.

*1. Комплексный обзор текущего состояния политики
Республики Казахстан в области энергоэффективности*

Табл. 1.3.2-1 Мероприятия и потенциал энергосбережения

№	Наименование мероприятия	Потенциал энергосбережения
1	Разработка и внедрение системы мониторинга за ходом реализации планов по энергосбережению, составленных по результатам выполненных энергетических аудитов.	Нет данных
2	Пересмотр либо отмена нормативов энергопотребления ввиду их неприменимости к части промышленных предприятий.	Нет данных
3	Разработка мер по стимулированию использования попутного газа для выработки электроэнергии либо производства товарного газа.	10%
4	Включение современных энергоэффективных технологий в нормы по проектированию промышленных объектов.	Нет данных
5	Введение требований к устанавливаемым приборам коммерческого учета газа об обязательном наличии автоматического пересчета объема потребляемого газа с учетом температуры (температурной компенсации). Данное требование, может быть, расширено в отношении установленных у субъектов предпринимательства приборов коммерческого учета газа.	Нет данных
6	Разработка механизмов по стимулированию использования вторичных энергетических ресурсов и вовлечению их в топливный баланс предприятий.	10-15% от потребления электроэнергии
7	Внесение изменений и дополнений в Закон Республики Казахстан «О естественных монополиях и регулируемых рынках» в отношении разрешения субъектам естественных монополий деятельности, связанной с использованием вторичных энергетических ресурсов и/или выдачи избыточной мощности (электрической/тепловой) сторонним потребителям.	Нет данных
8	Повышение ответственности предприятий за соответствие энергопотребления заявленным объемам.	10-15% от потребления электроэнергии
9	Подготовка и переподготовка кадров на базе кафедр в области энергосбережения и энергоэффективности профильных институтов и ВУЗов, проведение профессиональных тренингов, а также программ по квалификации и переквалификации.	Нет данных

10	Содействие соблюдению стандарта ISO50001 – Энергетический менеджмент крупными промышленными предприятиями, включая стандартизированный подход при проведении энергетического аудита.	Нет данных
11	Разработка и внедрение различных механизмов государственного стимулирования (добровольные программы, субсидии, льготные кредиты, налоговые льготы) для промышленных предприятий – субъектов ГЭР в целях поддержки реализации мер, рекомендованных по результатам аудита.	5-30% в зависимости от степени внедрения
12	Содействие созданию платформы для обмена информацией и опытом, а также проведения сравнительного анализа производственных процессов в соответствии с лучшими международными практиками в области энергосбережения и энергоэффективности.	Нет данных
13	Реализация когенерационных схем на ГТУ, работающие по открытой схеме, установкой паровой турбины через котел утилизатор	Дополнительная выработка до 15%
14	Снижение неравномерности графика потребления электроэнергии и, как следствие, уменьшение горячего резерва на электростанциях	Уменьшение перерасхода до 5%, уменьшение собственных нужд до 15%
15	Дифференцированные тарифы на электроэнергию	
16	Восстановление тепловой изоляции на магистральных и транзитных трубопроводах тепловой сети и горячего водоснабжения	Уменьшение потерь тепла до 10%
17	Повышение квалификации и осведомленности в области энергосбережения	
18	Разрешение частным домовладениям осуществлять выработку электроэнергии посредством ВИЭ и при ее избытке осуществлять отпуск в локальную сеть	

В то же время, исходя из опыта проведения энергетических аудитов членами ОЮЛ «Казахстанская Ассоциация Энергоаудиторов», составлена экспертная оценка технически достижимого потенциала энергосбережения, которая представлена далее по отдельным наиболее крупным/приоритетным секторам промышленности:

Добыча нефти и газа. Учитывая тот факт, что большая часть крупных месторождений Казахстана были сданы в эксплуатацию в последние 20 лет, то потенциал энергосбережения на них не должен превышать 8-10 %, что обусловлено их работой на новом оборудовании и эффективной организации технологических процессов. При этом потенциал энергосбережения на месторождениях, эксплуатируемых более 40 лет, по экспертным оценкам, может превышать 20 %. Но необходимо помнить, что при длительной эксплуатации дебет скважин снижается и имеют повышенную обводненность. Эти и другие аспекты нужно учитывать при определении потенциала.

Транспортировка нефти и газа. Потенциал энергосбережения в системе магистральных газопроводов может быть оценен по двум основным направлениям: снижение потребления газа на подогрев нефти и снижение потребления электроэнергии. Если в части потребления электроэнергии потенциал не превышает 5-7 %, то потребление газа может быть снижено до 20 % за счет применения новых теплоизоляционных материалов и модернизации печей подогрева нефти. В то же время, как показывает практика, нефтедобывающие предприятия не заинтересованы в реализации данного потенциала, так как потребление газа на подогрев нефти позволяет не сжигать попутный нефтяной газ на факеле, что запрещено действующим законодательством. А избытки попутного нефтяного газа нет возможности транспортировать из-за большой удаленности от объектов потребления, например, поселок или город.

Нефтепереработка. Значительный потенциал повышения энергоэффективности нефтеперерабатывающих заводов сосредоточен в рекуперации тепла (дымовых газов, тепла от охлаждаемых нефтепродуктов и т.д.), возврата конденсата пара. По экспертным оценкам на НПЗ может быть достигнуто сбережение около 5-8 % потребляемой энергии.

Транспорт и распределение газа. Несмотря на сравнительно приемлемый уровень потребления газа на СНиП на магистральных газопроводах и в газораспределительных системах, технически и экономически достижимый уровень

снижения доли потерь газа может быть оценен в 8-10 % от текущего уровня для магистральных газопроводов (за исключением введенных в эксплуатацию в последние годы) и в 10-15 % для газораспределительных систем.

Урановая промышленность. Несмотря на то, что практически все предприятия по добыче урана в Казахстане работают с использованием технологии выщелачивания, которая сама по себе является наилучшей технологией на данных предприятиях также наблюдается потенциал энергосбережения, как правило, связанный с низкопотенциальными источниками энергии, которым являются продуктивные (ПР) и выщелачивающие (ВР) растворы.

Горнорудная промышленность. Технически достижимый потенциал повышения энергетической эффективности добычи руды на различных предприятиях сильно отличается, в зависимости от индивидуальных особенностей и условий добычи и колеблется от 5 % до 20 %.

Для примера, на руднике Абыз ведется открытая разработка, и откатка производится при помощи автомобильного транспорта, в связи с чем потребление основного энергетического ресурса (дизельного топлива) напрямую зависит от объемов выработки.

Кроме того, в период проведения вскрышных работ на руднике продолжается значительное использование дизельного топлива, в то время как выработка руды прекращается. В таких условиях, несмотря на существенный потенциал повышения эффективности использования электрической энергии на нужды освещения и отопления производственных помещений, составляющий порядка 15-20 % и это практически не влияет на общую энергетическую эффективность в целом по руднику, так как основным энергоресурсом является дизельное топливо, потенциал повышения энергоэффективности которого не превышает 3-5 %.

В то же время для рудников, на которых ведется подземная разработка, технический потенциал повышения энергоэффективности значительно выше и составляет около 15-20 %, при этом экономически выгодный потенциал значительно ниже. Дело в том, что потенциал повышения энергетической

эффективности на рудниках с данным способом разработки может быть реализован в основном за счет установки частотного регулирования на основных потребителях электроэнергии (подъем руды, клеть, насосное и вентиляционное оборудование, система проветривания шахт). Для этого требуются значительные инвестиции, срок окупаемости которых, в условиях относительно невысоких тарифов на электрическую энергию, составляет более 10-15 лет и, зачастую, превышает гарантийный срок эксплуатации оборудования.

Аналогичная картина наблюдается и на этапе последующего обогащения руды. Так, существенное влияние на энергоэффективность работы обогатительных фабрик оказывает плотность и содержание руды, поступающей на обогащение.

Основной потенциал повышения энергетической эффективности для обогатительных фабрик связан с их существенной недозагрузкой. Аналогичную картину можно наблюдать на многих фабриках Казахстана, введенных в эксплуатацию более 30-50 лет назад. Загрузка обогатительных фабрик до проектных величин может повысить энергетическую эффективность их работы от 10 до 50 % (в каждом случае индивидуально). В условиях, когда невозможно обеспечить полную загрузку предприятия единственным выходом остается только полная замена технологической линии, запроектированной на обеспечение эффективной работы в данных объемах переработки, но такие затраты нецелесообразны и никогда не окупят себя.

Все ранее сказанное является экспертной оценкой ОЮЛ «Казахстанская Ассоциация Энергоаудиторов», которая составлена с использованием субъективных оценочных методов на основании анализа результатов энергетических аудитов предприятий Республики Казахстан. Учитывая субъективность данной оценки и неполную сборку итогов энергоаудита, выявленный потенциал не может являться целевым ориентиром для государственной политики в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности. В то же время данная оценка потенциала может быть использо-

вана в качестве «вызова» при определении внутренних целей предприятий.

1.3.3 Жилищно-коммунальное хозяйство и коммунальные службы

В Казахстане государственный надзор и контроль в сфере ЖКХ осуществляет Комитет по делам строительства, жилищно-коммунального хозяйства и управления земельными ресурсами министерства национальной экономики РК.

Согласно данным Бюро Национальной статистики Агентства по стратегическому планированию и реформам Республики Казахстан, общая площадь жилищного фонда в Казахстане демонстрирует положительную динамику роста и по итогам 2019 года составляет 364,3 млн. м².

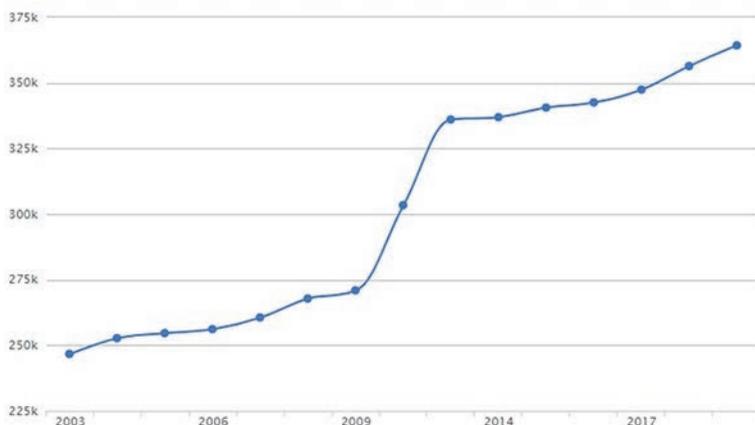


Рис. 1.3.3-1 Общая площадь жилищного фонда в Казахстане

Согласно государственной статистике РК, жилищно-коммунальный сектор Казахстана потребляет 14-18 % выработанной электрической и 40-50 % тепловой энергии. На

Рис. 1.3.3-2 представлена динамика изменения потребления электрической и тепловой энергии за период 2015-2019 годы. За период 2015 – 2019 годы по республике доля тепло-

1. Комплексный обзор текущего состояния политики Республики Казахстан в области энергоэффективности

вой энергии растет с 42,23 % до 58,47 %. Доля электроэнергии изменяется неравномерно с 14,43 % до 15,97 %. Общая доля ЖКХ в потреблении топливно-энергетических ресурсов составляет 14-18 %.

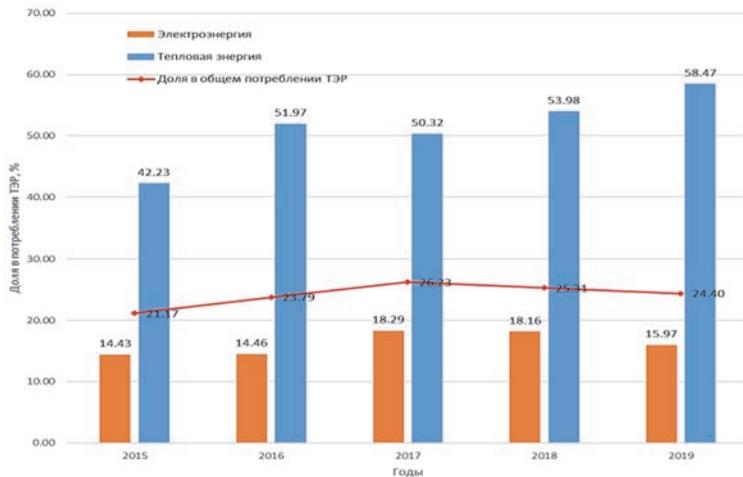


Рис. 1.3.3-2 Доля ЖКХ в структуре потребления различных видов энергии за 2015-2019 гг.

Далее в Табл. 1.3.3-1 представлен жилищный фонд в количестве квартир по данным АС РК.

Табл. 1.3.3-1 Общее количество квартир

№	Тип местности	Количество квартир
1	Городская	3 424 113
2	Сельская	1 722 742
3	Сумма	5 146 855
4	Количество отопляемых централизованно квартир	1 353 623



Рис. 1.3.3-3 Доля квартир с центральным отоплением

Как видно из рисунка, доля квартир с центральным отоплением составляет всего 21,3 % от общего количества квартир.

Дальше на Рис. 1.3.3-4 представлено потребление условного топлива на квартиру.

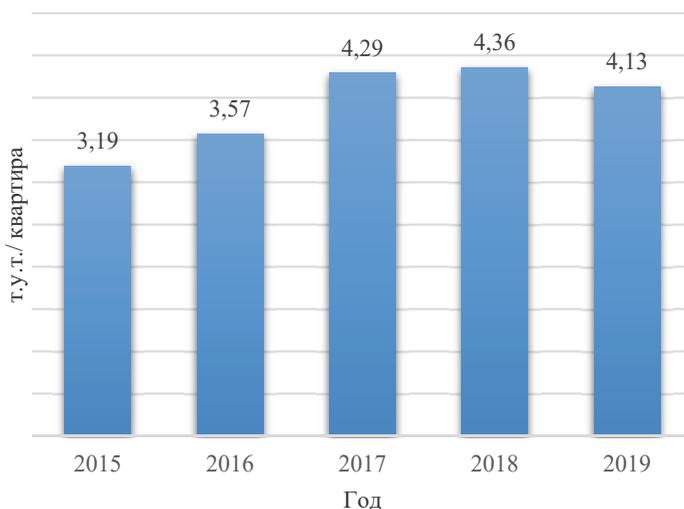


Рис. 1.3.3-4 Потребление т.у.т. на квартиру за 2015-2019 гг.

Как видно из рисунка, расход находится в диапазоне 3,2-4,4 т.у.т./квартира. Максимум потребления приходился на 2018 год.

Также Бюро Национальной статистики Агентства по стратегическому планированию и реформам Республики Казахстан, по итогам 2019 года зафиксировано число источников теплоснабжения, которое составило 2 457 шт. При этом наибольшее их количество пришлось на Акмолинскую область (520 шт. или 21,2 % от общего количества), а наименьшее количество источников теплоснабжения зафиксировано в г. Нур-Султан (25 шт. или 1% от общего количества).

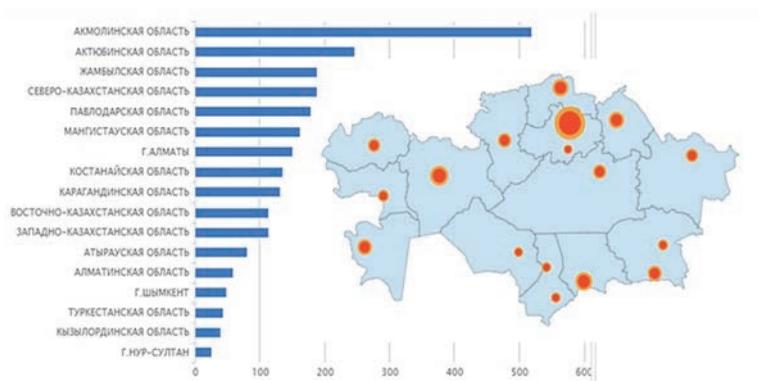


Рис. 1.3.3-5 Число источников теплоснабжения в РК, шт.

Однако число источников теплоснабжения, находящихся в аренде и концессии, по итогам 2019 года составило 59 шт. (см. Рис. 5 76), при этом наибольшее число арендованных и/или взятых в концессиональное управление источников теплоснабжения приходится на г. Караганда (20 шт. или 34%).

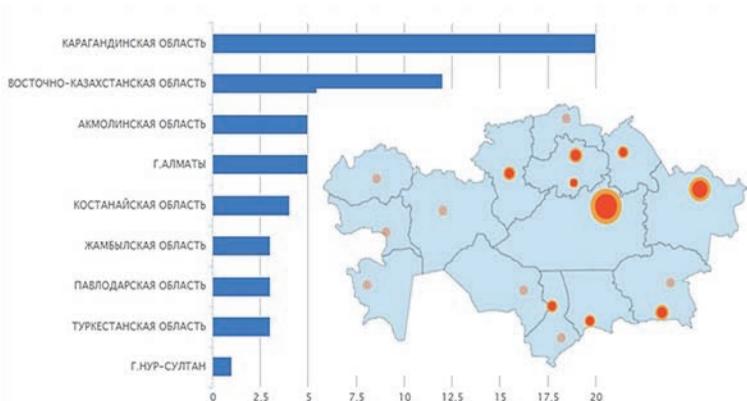


Рис. 1.3.3-6 Число источников теплоснабжения, находящихся в аренде и концессии, шт.

Общий объем выработанной тепловой энергии на всех источниках теплоснабжения в 2019 году составил 87 888,3 тыс. Гкал (См. Рис. 1.3.3-7), что на 3,5 % меньше выработки тепловой энергии по итогам 2018 года.

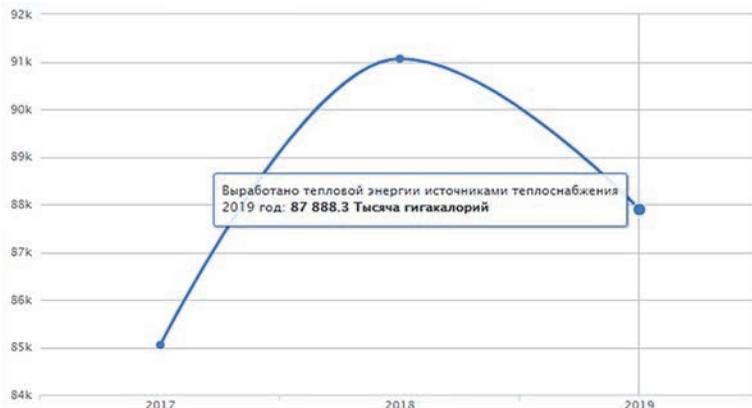


Рис. 1.3.3-7 Суммарная выработка тепловой энергии источниками теплоснабжения, тыс. Гкал

Наибольший объем выработанной тепловой энергии пришелся на Павлодарскую область. Стоит отметить, что доля выработанной тепловой энергии ВИЭ в % в общем объеме выработанной тепловой энергии по Казахстану в 2019 году

1. Комплексный обзор текущего состояния политики Республики Казахстан в области энергоэффективности

составила 0,1%. При этом наибольшая доля использования ВИЭ при выработке тепловой энергии отмечена в Северо-Казахстанской области, где доля выработанной тепловой энергии ВИЭ в % в общем объеме выработанной тепловой энергии составила 2,1%.

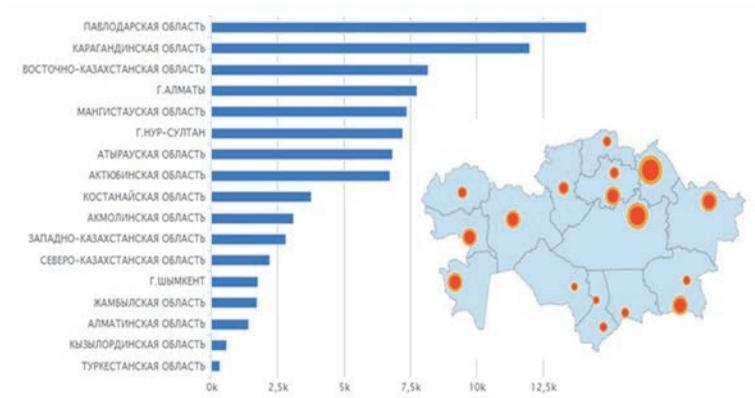


Рис. 1.3.3-8 Структура суммарной выработки тепловой энергии источниками теплоснабжения, тыс. Гкал

Потребителям по итогам 2019 года было отпущено 53 462,8 тыс. Гкал тепловой энергии (см. Рис. 1.3.3-9). Наибольшее количество тепловой энергии отпущено в Карагандинской области, г. Нур-Султан, Павлодарской области, Атырауской области, г. Алматы и Восточно-Казахстанской области. Суммарное количество тепловой энергии в этих областях составило 38 457,2 тыс. Гкал или 71,9 % от общего отпуска тепловой энергии в РК (см. Рис. 1.3.3-10).

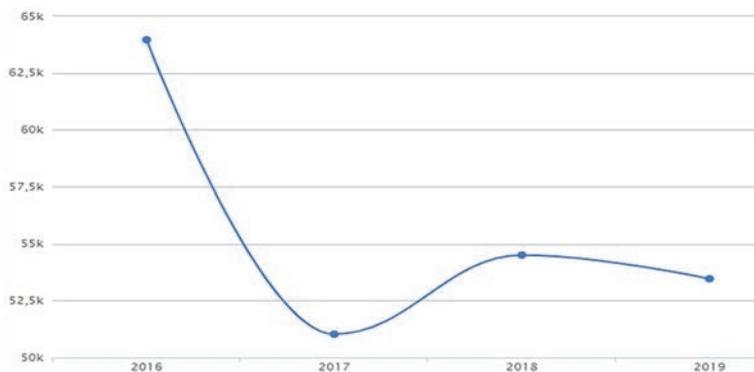


Рис. 1.3.3-9 Отпуск тепловой энергии потребителям, тыс. Гкал

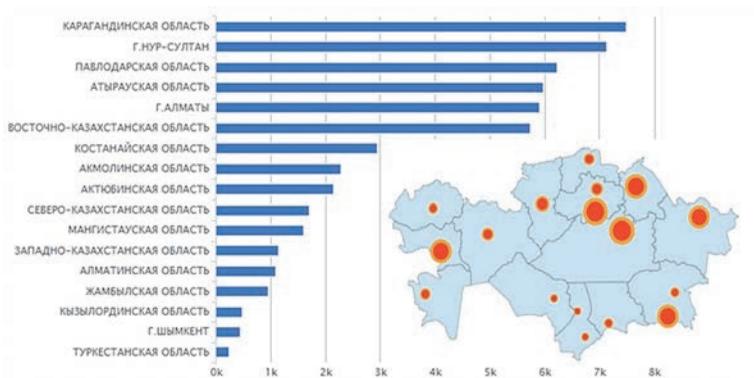


Рис. 1.3.3-10 Структура отпуска тепловой энергии потребителям, тыс. Гкал

Выработка тепла является самой крупной статьей в энергопотреблении любого города (для примера в г. Нур-Султан – 36 % ¹), за которой следуют автомобильное топливо и электроэнергия. При этом Жилищное хозяйство является главным потребителем тепловой энергии системы централизованного теплоснабжения (для примера в г. Нур-Султан - 57% общей тепловой энергии).

Далее представлена статистика удельного потребления энергии в кВт*ч/м² за период 2015-2019 годы. Как видно из

¹ Муниципальный план повышения энергоэффективности г.Астана

рисунка, максимальное удельное потребления приходится на 2018 год. Несмотря на то, что прирост жилищного фонда аналогичен другим годам, удельное потребление максимально за счет выработки электрической и тепловой энергии.

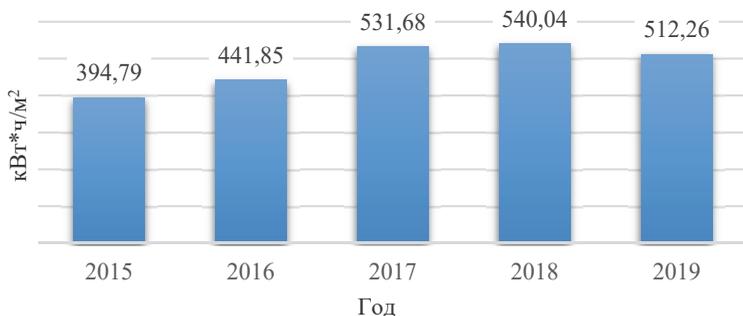


Рис. 1.3.3-11 Удельное потребление энергии на единицу отапливаемой площади за 2015-2019 гг.

Далее на Рис. 1.3.3-12 - Рис. 1.3.3-14 рассмотрим удельное потребление электроэнергии и тепловой энергии на единицу площади в отдельности.

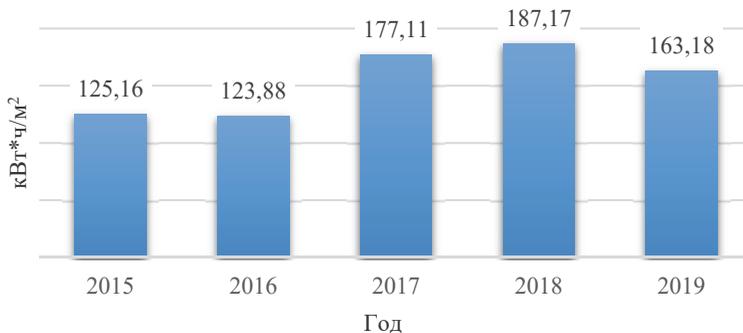


Рис. 1.3.3-12 Удельное потребление электроэнергии на единицу отапливаемой площади за 2015-2019 гг.

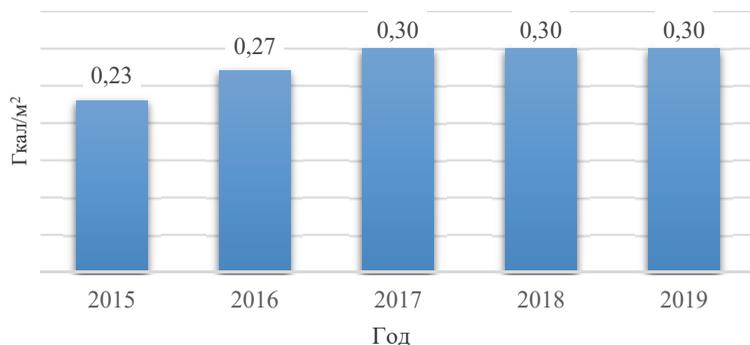


Рис. 1.3.3-13 Удельное потребление тепла на единицу отапливаемой площади за 2015-2019 гг., Гкал/м²

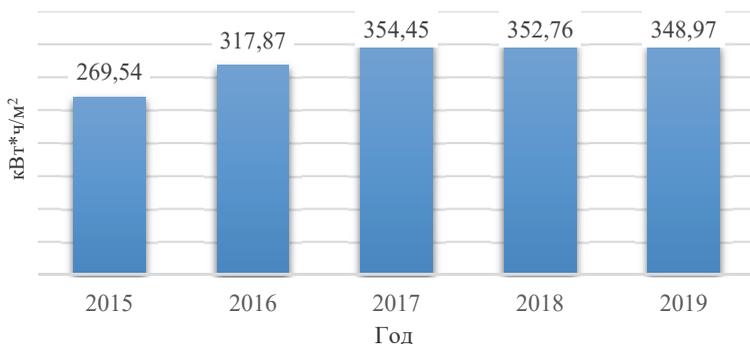


Рис. 1.3.3-14 Удельное потребление тепла в кВт*ч/м² на единицу отапливаемой площади за 2015-2019 гг.

Как видно из рисунков, несмотря на незначительное снижение в 2019 году, в целом наблюдается тренд к росту удельного потребления, максимум которого приходится на 2017-2018 годы.

Стоит отметить, что практически вся система централизованного теплоснабжения Казахстана создавалась в период массового жилищного строительства 1960-80-х годов. После 1991 года объем строительства резко сократился, и частные строительные компании перестали прокладывать новые теплосети. Все новые объекты строительства, построенные после 1991 г., присоединялись к старым теплосетям. К 2012 г. около 70 % теплотрасс отработали 30–50 и более лет. При

том, что для тепловых сетей межремонтный период должен составлять 25 лет. По истечении этого времени сети должны быть заменены на новые.

Общая протяженность тепловых сетей в двухтрубном исчислении по республике составляет 11,4 тыс. км. Наибольшая протяженность тепловых сетей наблюдается в Карагандинской области и г. Алматы (см.Рис. 1.3.3-15). Наименьшая протяженность тепловых сетей отмечается в Туркестанской области и г. Шымкент.

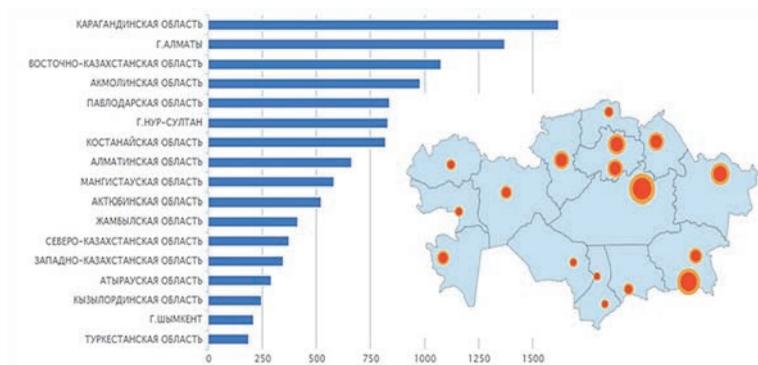


Рис. 1.3.3-15 Протяженность тепловых и паровых сетей
в двухтрубном исчислении км²

При этом, в замене труб по разным оценкам нуждаются от 4,5 до 5 тыс. км, а около 50 % от общей протяженности. Вместе с тем, согласно статистическим данным Бюро Национальной статистики Агентства по стратегическому планированию и реформам Республики Казахстан, протяженность тепловых и паровых сетей в двухтрубном исчислении, нуждающихся в замене (аварийных), составила в 2019 году 3 163,5 км или 27,9 % от общей протяженности тепловых и паровых сетей в РК. При этом наблюдается устойчивая динамика снижения данного показателя, обусловленная реализа-

² Протяженность тепловых и паровых сетей в двухтрубном исчислении, числящихся на балансе предприятия, определяется по длине трассы канала с уложенными в ней двумя трубопроводами без включения внутриквартальных (дворовых сетей).

цией программ направленных на модернизацию тепловых сетей.

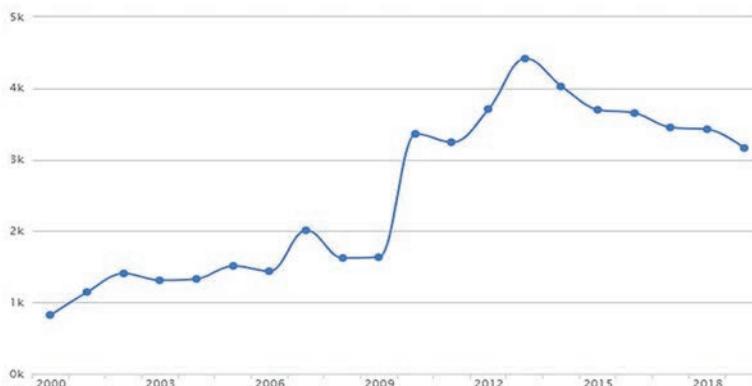


Рис. 1.3.3-16 Протяженность тепловых и паровых сетей в двухтрубном исчислении, нуждающихся в замене (аварийных)

Наибольшая протяженность тепловых и паровых сетей (см.

Рис. 1.3.3-17), нуждающихся в замене (аварийных), отмечается в г. Алматы (777,2 км или 24,6 % от общей протяженности аварийных сетей в РК).

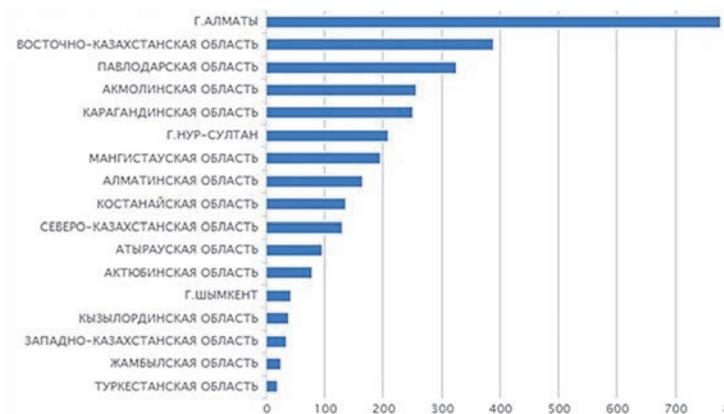


Рис. 1.3.3-17 Протяженность тепловых и паровых сетей в двухтрубном исчислении, нуждающихся в замене (аварийных) по областям

Высокая доля ветхих и аварийных сетей приводит к высокой аварийности работы систем теплоснабжения. Число аварий на источниках теплоснабжения, паровых и тепловых сетях по итогам 2019 года составило 84 случая, большая часть которых отмечена в Павлодарской области. Стоит отметить, что несмотря на незначительный рост аварийности в 2019 году по отношению к 2018 году, в целом отмечается динамика снижения аварийности (число аварий в 2019 году на 87,2 % ниже, чем в 2010 году). Данная динамика является следствием восстановительных работ на тепловых сетях, прошедших в период с 2012 по 2014 года (см. Рис. 1.3.3-18).

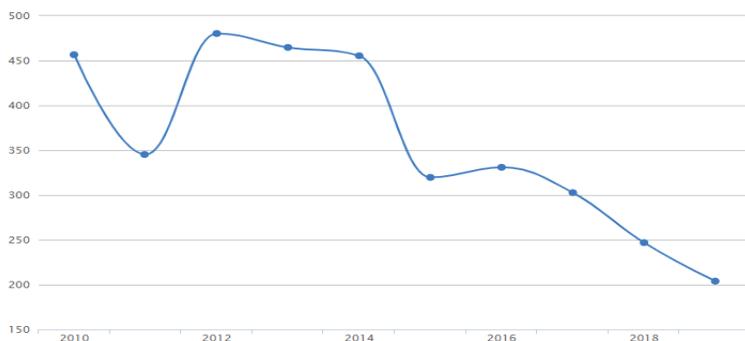


Рис. 1.3.3-18 Протяженность замененных тепловых и паровых сетей в двухтрубном исчислении

К сожалению, в настоящий момент объем заменяемых сетей существенно сократился и по итогам 2019 года протяженность замененных тепловых и паровых сетей в двухтрубном исчислении составила 203,9 км, а это лишь 6,5 % от протяженности тепловых и паровых сетей в двухтрубном исчислении, нуждающихся в замене (аварийных).

На сегодняшний день, как правило, тариф на тепловую энергию не учитывает потребность в капитальных затратах, необходимых для восстановления тепловых сетей и теплогенерирующего оборудования на электростанциях и котельных. Создается искусственное сдерживание роста тарифа, которое приводит к потере надежности системы теплоснабжения. Увеличивается количество технологических наруше-

ний и, как следствие, потери тепловой энергии, страдают потребители из-за перерывов в теплоснабжении.

Стоит отметить, что в большинстве случаев руководство предприятий теплоснабжения, стремясь не допустить увеличения аварийности, пытается сохранить теплоснабжение путем перекладок труб, снижая требования к качеству и всячески удешевляя строительные работы. Такие переложённые сети, как правило, имеют очень низкий ресурс и через 5–7 лет требуют новой перекладки. Находясь под таким грузом, общая ситуация с тепловыми сетями в последние годы резко ухудшилась. Коэффициент потока отказов на протяжении последних лет держится на уровне 0,63 (ед./км/год), при том, что критический порог равен 0,65 (ед./км/год), а при уровне данного показателя, равном 1 (ед./км/год), наступает коллапс системы теплоснабжения, после которого восстановить систему теплоснабжения не представится возможным. Любые нарушения в работе систем теплоснабжения бьют по теплопроизводителям, вынуждая их форсировать режим или же производить глубокую разгрузку теплогенерирующего оборудования, которое негативно сказывается на их экономической эффективности.

Чтобы избежать наступления коллапса осуществляется скрытое субсидирование, когда местные исполнительные власти в лице Акиматов за счет местных бюджетов или за счет средств крупного бизнеса (актуально для градообразующих предприятий) осуществляют перекладку ветхих и аварийных тепловых сетей. Таким образом данные капитальные затраты не ложатся в тариф и не влекут его увеличения, но косвенно приводят к росту стоимости услуг бизнеса или не целевым расходам местных бюджетов.

Неудовлетворительное состояние тепловых сетей приводит к росту потерь тепловой и электрической энергии в процессе теплоснабжения.

Исходя из вышеизложенного, потенциал энергосбережения в сфере ЖКХ может быть оценен следующим образом. Отталкиваясь из сложившейся ситуации и проблем можно выделить основные области, в которых может быть снижено потребление энергоресурсов, например, на источниках энер-

горесурсов – тепловые электрические станции, котельные и здания.

Табл. 1.3.3-2 Мероприятия и потенциал энергосбережения

№	Наименование мероприятия	Потенциал энергосбережения
1	Модернизация и установка систем учета расхода ресурсов	создаст предпосылки для эффекта ~5 %
2	Модернизация теплоисточников может включать в себя полное обновление конфигурации всей системы или замену отдельных узлов и агрегатов	10 %
3	Применение новых материалов при реконструкции линий электропередач и тепловых сетей (Снижение потерь при транспортировке). Оптимизация работы, обеспечение оптимальной загрузки, недопуская перегрузки или недогрузки, что также приводит к повышенным потерям.	10 %
4	Термическая модернизация зданий включая крышу, позволит сократить расходы тепловой энергии	20 %
5	Использование современных ламп и систем освещения позволяет сократить объем потребления электроэнергии	30 %
6	Проведение модернизации внутренних систем отопления и ГВС	20 %
7	Использование стеклопакетов с улучшенными характеристиками	25 %
8	Оптимизация работы административных и производственных зданий снижением температуры в зданиях в период отсутствия людей	15 %
9	Своевременный ремонт систем отопления, которые из-за неправильной работы приводят к недогреву одних и перегреву других, часто можно наблюдать открытые окна и форточки зимой	25 %

10	Установка автоматизированных тепловых пунктов позволяет управлять режимом теплопотребления при изменении температуры наружного воздуха	30 %
11	Повсеместное использование рекуператоров тепловой энергии на приточно-вытяжной системе вентиляции административных и производственных зданий	5 %
12	Установка солнечных колодцев при строительстве новых зданий	3 %
13	Димирование охранного освещения и установка датчиков движения на освещение	15 %
14	Развитие схем централизованной системы тригенерации, для кондиционирования административных и производственных зданий	7 %
15	Установка дверных доводчиков на входные группы	5 %

1.3.4 Бюджетная сфера

Бюджетный сектор Республики Казахстан включают в себя в основном здания, больничные учреждения, школы, дошкольные организации, колледжи и университеты.

Согласно данным Агентства по статистике РК, структура государственных учреждений состоит из 7 250 школ, 4 085 - дошкольные организации, больничных учреждений составляет 599 объектов, колледжи – 481 штук и самое малое количество приходится на Университеты – 122 объекта.

1. Комплексный обзор текущего состояния политики Республики Казахстан в области энергоэффективности

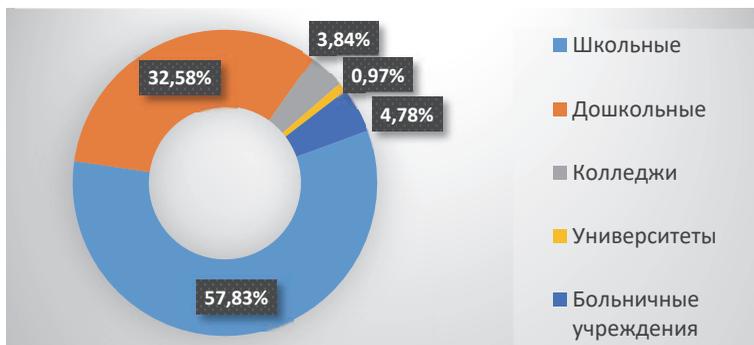


Рис. 1.3.4-1 Структура государственных учреждений

Как видно из рисунка, большое количество учреждений бюджетной сферы приходится на школьные и дошкольные организации. Здания сферы профессионального и высшего образования, а также медицины занимают менее чем 5 % каждая, от общего числа бюджетных зданий.

Ниже на Рис. 1.3.4-2 представлена структура зданий бюджетных секторов по площади. Большая часть зданий имеет площадь в пределах от 1 001- 5 000 м² – 47 %, здания с площадью до 1 000 м² – 38 %, здания площадью 10 000 м² – 13 % и площадь свыше 10 000 м² имеют всего 2 % объектов.

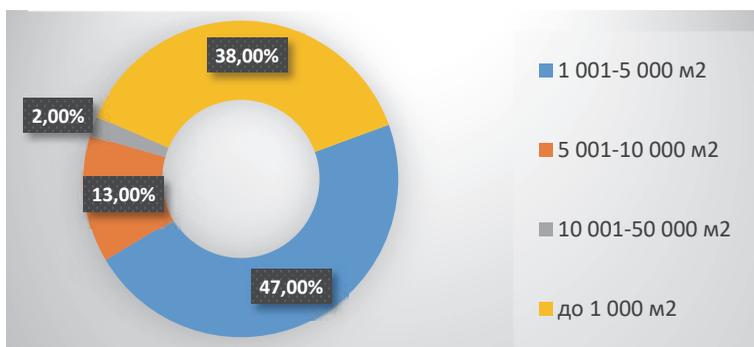


Рис. 1.3.4-2 Структура зданий и сооружений по площади

Как видно из рисунка, здания бюджетной сферы имеют значительные отапливаемые площади, в которых необходимо регулярно поддерживать температурный режим вовремя отопительного периода.

Согласно собранных и предоставленных данных АО «Институт развития электроэнергетики и энергосбережения», на Рис. 1.3.4-3 представлена структура теплогенерирующего оборудования бюджетных учреждений.

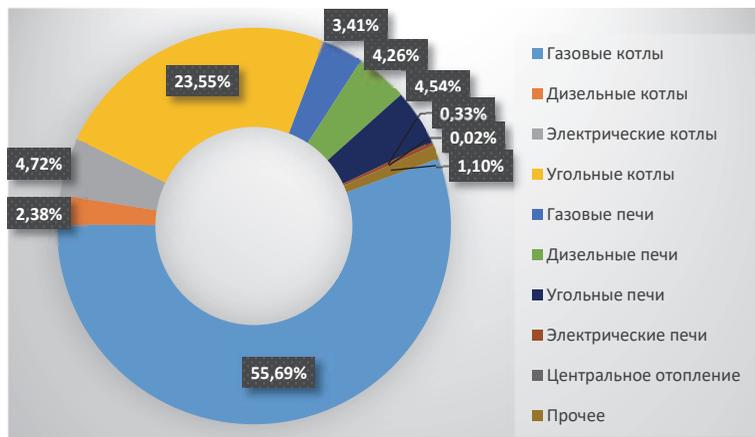


Рис. 1.3.4-3 Структура теплогенерирующего оборудования бюджетного сектора

Как видно из рисунка, большая часть зданий отапливается за счет газовых котлов – 55,69 %. Меньшую долю имеют угольные котлы – 23,55 %. Остальные источники тепла – дизельные, электрические, угольные печи имеют небольшую долю в общем количестве источников теплоснабжения. Самую малую долю имеют здания с централизованным отоплением.

На основе статистики можно сказать, что основная часть бюджетных учреждений не подключена к централизованному теплоснабжению. Это объясняется тем, что большая часть учреждений находится за пределами городов в сельской местности. Наличие угольных и дизельных котлов и печей говорит о том, что большая часть бюджетных учреждений находится в отдаленных районах и областях без газификации, а также в северных и восточных регионах страны.

Мало того, что большой объем бюджетных организаций используют дизельное топливо, уголь и электричество на нужды теплоснабжения. Так еще и теплогенерирующее обо-

рудование используется неэнергоэффективное, которое имеет низкий КПД. Данное утверждение сделано, исходя из собранных и предоставленных данных АО «Институт развития электроэнергетики и энергосбережения».

Далее на Рис. 1.3.4-4 представлена структура КПД теплогенерирующего оборудования бюджетного сектора.

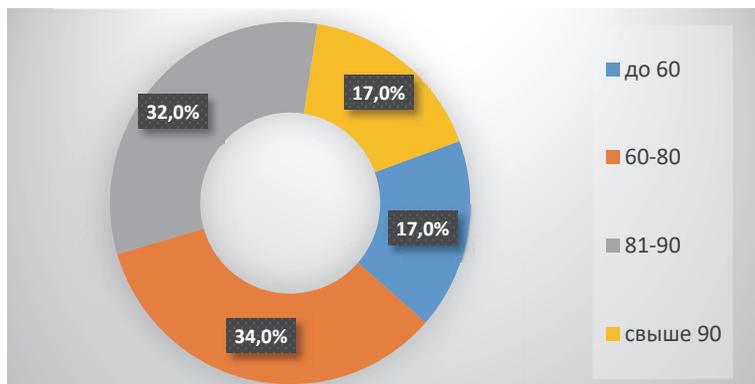


Рис. 1.3.4-4 Структура КПД теплогенерирующего оборудования бюджетного сектора

Как видно из рисунка, большая часть теплогенерирующего оборудования имеет КПД в диапазоне 60-80 % их доля составляет 34 % от общего числа источников теплоснабжения, к ним в основном причисляют угольные и дизельные котлы и печи. Более высокий КПД оборудования имеют 32 %, к ним относятся газовые котлы и печи, где КПД варьируется от 80 % до 90 %. Теплогенерирующее оборудование с КПД свыше 90 % имеют только 17 % котлов. А также малоэффективные источники теплоснабжения с КПД до 60 % имеют долю в размере 17 % от всего теплогенерирующего оборудования бюджетной сферы.

Кроме использования теплогенерирующего оборудования с низким КПД, организации бюджетной сферы используют в системе освещения неэнергоэффективные источники света.

Так, по предоставленным данным от АО «Институт развития электроэнергетики и энергосбережения», на Рис.

1.3.4-5 изображена структура используемых ламп освещения в бюджетных учреждениях.

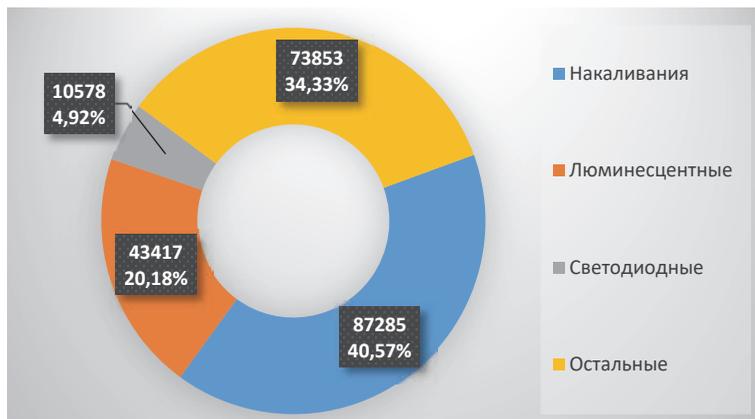


Рис. 1.3.4-5 Структура используемых ламп освещения

Как видно из рисунка, в бюджетных учреждениях используется 87,3 тысяч ламп накаливания с мощностью от 20-100 Вт, которые являются неэнергоэффективными источниками света, но имеют низкую стоимость. Люминесцентные лампы используются в количестве 43,4 тысячи штук и светодиодных ламп установлено в количестве 10,6 тысяч. Низкий объем использования светодиодных ламп в большей степени связан с их высокой стоимостью. Под остальными принимаются светильники, прожекторы, уличное освещение с лампами типа ДРЛ, ДНаТ и КЛЛ, доля которых является значительной и составляет 34,3 % от общего числа используемых ламп.

Как показывают данные проведенных энергетических аудитов зданий бюджетной сферы в Казахстане, потенциал энергосбережения в данном секторе может быть оценен исходя из выявленных проблем, по которым можно выделить основные направления и области снижения потребления энергоресурсов.

Табл. 1.3.4-1 Мероприятия и потенциал энергосбережения

№	Наименование мероприятия	Потенциал энергосбережения
1	Модернизация теплогенерирующего оборудования, в частности использование газовых котлов вместо устаревших угольных (в газифицированных районах)	10 %
2	Термическая модернизация зданий включая крышу, позволит сократить расходы тепловой энергии	20 %
3	Использование современных ламп и систем освещения с регулированием позволяет сократить объем потребления электроэнергии на освещение	30 %
4	Проведение модернизации внутренних систем отопления с установкой термостатических клапанов и перевод ГВС на закрытую схему водоразбора.	20 %
5	Проведение модернизации внутренних систем водоснабжения с установкой бесконтактных смесителей	15 %
6	Устранение инфильтрации и эксфильтрации через наружные окна, двери и технологические отверстия кондиционеров.	5 %
7	Автоматизация отопительных котлов и печей	5 %
8	Своевременный ремонт системы теплоснабжения зданий	5 %

1.3.5 Транспортный сектор

Транспортный сектор относится к числу наиболее энергоемких отраслей экономики РК. Причем специфика энергопотребления на транспорте такова, что основная часть потребностей отрасли удовлетворяется за счет не возобновляемых ресурсов, в первую очередь за счет нефтепродуктов. В гораздо меньшей степени потребности отрасли покрываются за счет газа, и лишь незначительная часть транспортных средств использует электроэнергию.

Стоит отметить, что выбросы ПГ, тесно связанные с количеством и качеством потребляемого топлива, в транспортном секторе развивались очень динамично в период 1990-2017 годов (см. Рис. 1.3.5-1). После периода постоянного и сильного спада, продолжавшегося до конца 1990-х годов, в последующем десятилетии в секторе происходило сильное оживление экономической активности. К 2007 году выбросы ПГ достигли уровня примерно 1990 года. С тех пор наблюдались взлеты и падения, а в последнее время, в 2014-2017 годах, наблюдалась заметная тенденция к росту объема выбросов.



Рис. 1.3.5-1 Выбросы ПГ в транспортном секторе за период 1990-2017 гг.³

Согласно проекту Дорожной карты реализации обновленного ОНУВ РК на 2021-2025 годы, наибольший вклад в выбросы ПГ от транспортного комплекса страны вносит автотранспорт, доля которого выросла за 1990-2018 гг. с 67,2 % до 83,7 % (см. Рис. 1.3.5-2). На втором месте по вкладу следует железнодорожный транспорт, доля которого снизилась с 24,3 % до 6,2 %.

³ Источник: Национальный кадастр выбросов, 2019 г.



Рис. 1.3.5-2 Изменение вклада видов транспорта в совокупные выбросы ПГ отрасли за 1990 и 2018 гг.⁴

Автомобильный транспорт, несомненно, является движущей силой выбросов ПГ из транспортного сектора в целом (см. Рис. 1.3.5-2). После сильного снижения в период 1990-1992 гг. выбросы от железнодорожного транспорта остались довольно стабильными на сравнительно низком уровне. Объемы выбросов от трубопроводного транспорта подвергались значительным колебаниям: в 2000-2003 гг. их доля стала значимой, но примерно в 2011 г. вернулись на более низкий уровень. Наконец, внутренняя авиация не играет на сегодняшний день значительной роли в выбросах Казахстана.

Ведущая роль автомобильного транспорта в сжигании топлива в значительной степени обусловлена относительно высоким уровнем автомобилизации в стране, в то время как доля старых и устаревших транспортных средств велика⁵. С другой стороны, системы общественного транспорта недостаточно развиты даже в крупных городах. Казахстан имеет одну из самых низких плотностей дорожных сетей (см.

⁴ Источник: Дорожная карта реализации обновленного ОНУВ РК на 2021-2025 годы

⁵ Отчет Adelphi, 2020. В рамках текущего проекта GIZ.



Рис. 1.3.5-3) среди государств Центральной Азии (19,4 км на 100 км²), что в первую очередь обусловлено обширной территорией страны в условиях низкой плотностью населения – в среднем чуть более 6 человек на км².



Рис. 1.3.5-3 Плотность дорожных сетей среди государств Центральной Азии

С 2000 года доля транспортного сектора в общем объеме энергопотребления Казахстана колеблется от 10 % до 18 %. В 2012 году транспортный сектор, на долю которого приходилось 18 % потребления первичных энергетических ресурсов, находился по этому показателю на третьем месте после промышленного и жилищного сектора.

Анализ общих грузоперевозок по различным видам транспорта, в срезе последних десяти лет, позволяет сделать однозначный вывод о преимущественной роли автомобильного транспорта по сравнению с остальными видами. Аналогичное распределение с акцентом в пользу автомобильного,

преимущественно автобусного, транспорта наблюдается и в области пассажироперевозок.

В этой связи наибольший комплексный эффект от внедрения энергосберегающих технологий может быть получен именно в данном сегменте отрасли⁶.

На Рис. 1.3.5-4 представлена структура транспортного сектора за период 2015-2019 гг. Как видно из рисунка, основной вид транспорта в Казахстане — это дорожный транспорт, легковые и грузовые автомобили. Причем значительного изменения в структуре за анализируемый период не наблюдается.

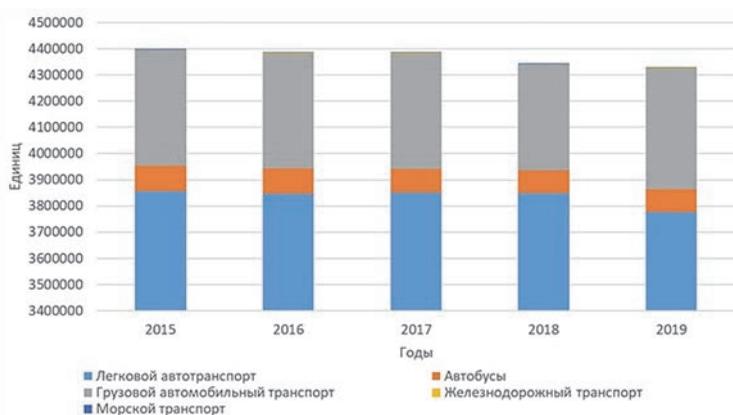


Рис. 1.3.5-4 Структура транспорта Республики Казахстан в период 2015-2019 гг.⁷

На Рис. 1.3.5-5 представлена структура автомобильного транспорта за 2019 год. Общее количество единиц транспорта составляет 4 327 930 единиц, 87,29 % из которых легковой автотранспорт, 10,67 % грузовой транспорт, 2 % автобусный транспорт. Морской, железнодорожный и воздушный виды транспорта имеют долю менее 2 %.

⁶ Программа «Энергосбережение – 2020». Постановление Правительства Республики Казахстан от 29 августа 2013 года № 904

⁷ Статистические данные по транспорту, Государственная статистика РК, 2015-2019 гг.

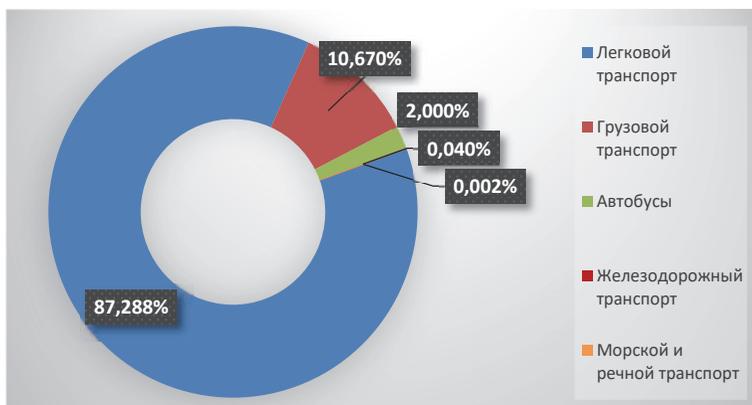


Рис. 1.3.5-5 Структура транспорта Республики Казахстан в 2019 г.

Как видно из структуры общего пассажирооборота РК, выраженного в миллионах пассажиро-километров (млн. пас.-км), доля автомобильного и городского транспорта также превалирует над долей железнодорожного транспорта и авиатранспорта. Доля внутреннего морского/речного транспорта настолько мала, что ей можно пренебречь при дальнейшем анализе.

В то же время отметим, что по данным Бюро Национальной статистики Агентства по стратегическому планированию и реформам Республики Казахстан, протяженность всех эксплуатируемых судоходных внутренних путей общего пользования⁸ по итогам 2019 года составила 4 106,1 км, что на 0,6 % больше аналогичного показателя 2018 года, но на 1,1 % ниже показателя 2017 года.

Так, на Рис. 1.3.5-6 показано, что все эксплуатируемые судоходные внутренние пути общего пользования сосредоточены в трех регионах РК, Восточно-Казахстанской (51,6 %), Павлодарской (27,8 %) и Атырауской (20,6 %) областях.

⁸ Протяженность эксплуатируемых внутренних водных судоходных путей сообщения измеряется по осевой линии обслуживаемых судовых ходов (фарватеров), определяется как сумма протяженности рек, озер, каналов, транспортных путей, водохранилищ, по которым производится движение судов и буксировка плотов

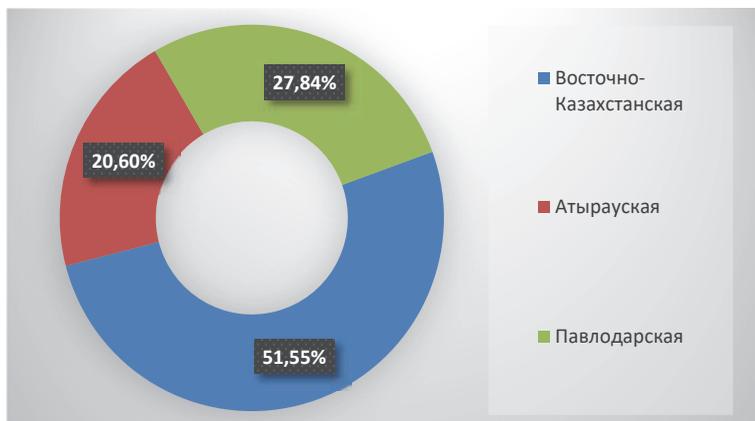


Рис. 1.3.5-6 Протяженность всех эксплуатируемых судоходных внутренних путей общего пользования по областям, км

Показатель общего пассажирооборота определяет количество километров, пройденных пассажирами в 2019 году, с использованием всех видов общественного и частного транспорта (автомобильным, железнодорожным, внутренним водным, морским транспортом, местной авиацией, подземным транспортом и т.д.).

Пассажирооборот является показателем движущих сил. Он весьма важен для регулирования и развития различных видов транспорта. Соотношение пассажирооборота, выполняемого различными видами транспорта, помогает оценить эффективность мер реагирования по видам транспорта (т. е. доля того или иного вида транспорта в общем пассажирообороте).

Так, согласно данным Бюро Национальной статистики Агентства по стратегическому планированию и реформам Республики Казахстан, пассажирооборот по всем видам транспорта⁹ в период 2015-2019 годов представлен на Рис. 1.3.5-7.

⁹ Основные показатели развития транспорта РК. Государственная статистика РК, 2015-2019 гг.

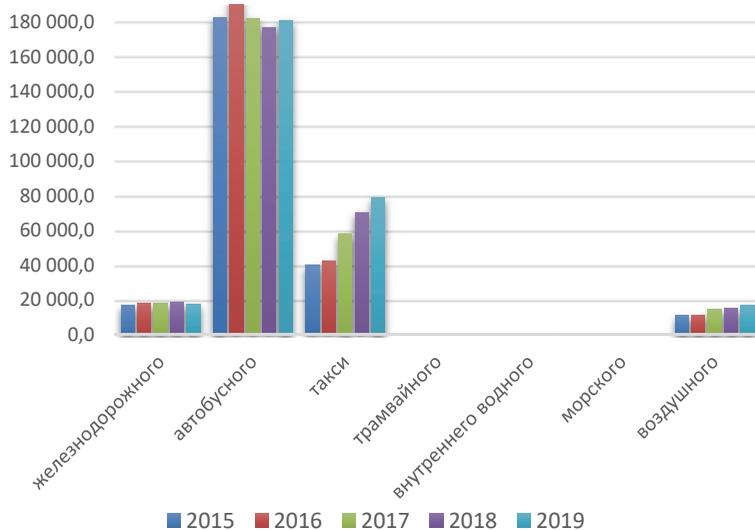


Рис. 1.3.5-7 Пассажирооборот всех видов транспорта, млн. пкм

Как видно из рисунка, значительный объем пассажиро-перевозок приходится на автобусный вид транспорта. Также наблюдается большой спрос и увеличение пассажирооборота общественного транспорта, такого как такси, осуществляющий индивидуальную перевозку пассажиров или грузов.

Также нужно отметить стабильность использования железнодорожного транспорта, как надежное средство передвижения на дальние расстояния, но также возрос объем перевозок пассажиров и авиатранспортом. Другой вид рельсового транспорта - трамвай - по отношению к другим видам перевозок имеет очень малую долю по причине того, что только в трех городах РК - Темиртау, Павлодар и Усть-Каменогорск - используется данный вид транспорта. Это и касается внутреннего водного и морского транспорта, который используется только в трех областях страны - Атырауской, Павлодарской и Восточно-Казахстанской.

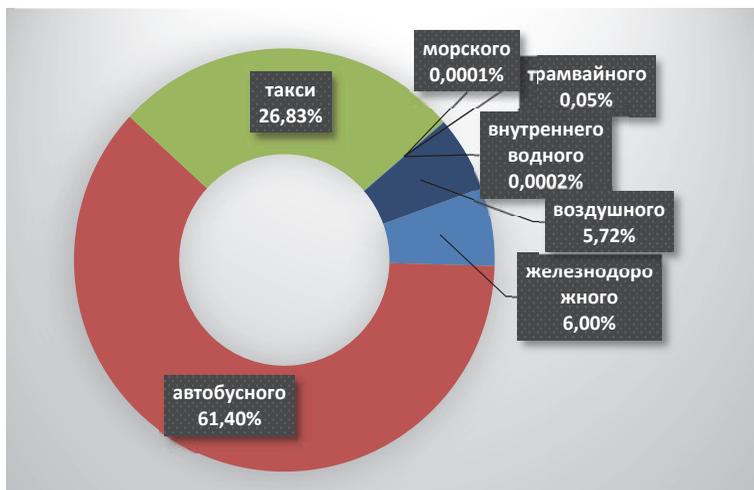


Рис. 1.3.5-8 Пассажирооборот всех видов транспорта за 2019 год, млн. пкм

По итогам 2019 года видно, что основной пассажиропоток приходится на автобусный транспорт, доля которого составила 61,4 % от всех видов транспорта.

Исходя из вышесказанного, можно сделать выводы, что транспортная инфраструктура требует развития в разных направлениях, в том числе и в повышении энергоэффективности.

Потенциал энергосбережения в транспортном секторе может быть оценен следующим образом. Отталкиваясь из сложившейся ситуации и проблем, можно выделить основные области, в которых может быть снижено потребление энергоресурсов, например, в развитии общественного транспорта, работающего на электричестве или на СПГ.

Табл. 1.3.5-1 Мероприятия и потенциал энергосбережения

№	Тип мероприятий	Потенциал энергосбережения
1	Оптимизация транспортной логистики	Увеличение пассажирооборота на 28%
2	Адаптация (принятие) международных нормативов по повышению энергоэффективности автотранспорта	Снижение потребления топлива на 10-15%
3	Включение в программы развития территорий мероприятий по развитию энергоэффективной транспортной инфраструктуры	Увеличение пассажирооборота на 10-30%
4	Разработка механизмов стимулирования покупки экономичных автомобилей и электромобилей	Снижение потребления бензина
5	Внедрение стандартов Евро (3,4,5,6) по отношению к автомобильному транспорту	Снижение вредных выбросов на 10-15%
6	Развитие легкорельсового транспорта (скоростной трамвай, метро, электричка и т.д.)	Снижение потребления бензина
7	Развитие использования солнечных батарей на городских пассажирских автобусах	Снижение потребления бензина
8	Оптимизация маршрутов общественного транспорта в городах, организация выделения полос для общественного транспорта в основных коридорах движения	Снижение потребления бензина
9	Своевременный ремонт и замена парка общественного транспорта	
10	Строительство теплых боксов для железнодорожного транспорта на крупных ЖД станциях	Снижение потребления дизтоплива в период холодного простоя во время ожидания грузов

В то же время наиболее перспективным для Казахстана с точки зрения снижения вредных выбросов остается перевод автотранспорта на газ, так как удельные выбросы загрязня-

ющих веществ и токсический след КПП/СПГ на всех этапах жизненного цикла значительно ниже, чем у дизельного топлива и бензина. А углеродный след КПП/СПГ в Казахстане, в разрезе полного жизненного цикла значительно ниже не только по отношению к бензину и дизелю, но и по отношению к автомобилям, так как электрическая энергия в Казахстане преимущественно вырабатывается на угольных электрических станциях.

Табл. 1.3.5-2 Сравнение удельных выбросов загрязняющих веществ, углеродного и токсического следа на всех этапах жизненного цикла КПП/СПГ, бензина и дизельного топлива

Вид топлива	Удельные выбросы ЗВ, тЗВ/т н.э	Кратность выбросов по отношению к КПП/СПГ	Углеродный след, т СО ₂ -экв./ т н.э.	Кратность выбросов по отношению к КПП/СПГ	Токсический след, усл. ед.	Кратность выбросов по отношению к КПП/СПГ
Добыча – АЗС/АГНКС						
Бензин	0,02	5,5	0,96	4	0,75	7
ДТ	0,02	4,4	0,96	4	1,22	12
ПГ/СПГ	0,004	1	0,24	1	0,1	1
Эксплуатация						
Бензин	0,04	7	4,07	2	0,78	2
ДТ	0,01	2	3,04	1,5	1,41	3
ПГ/СПГ	0,006	1	2,08	1	0,45	1
По всем этапам жизненного цикла						
Бензин	0,06	6	5,03	2,1	1,53	3
ДТ	0,03	3	4,01	1,7	2,65	5
ПГ/СПГ	0,01	1	2,34	1	0,55	1

Как показали исследования, выполненные ТОО «КАЗТ-РАНСГАЗ ӨНІМДЕРІ» в рамках реализации проекта по снижению выбросов парниковых газов в транспортном секторе РК использование КПП/СПГ не только перспективно с точки зрения снижения выбросов, но и экономически целесообразно (см.

Табл. 1.3.5-3, Табл. 1.3.5-4).

Табл. 1.3.5-3 Рост затрат на топливо в сравнении с КПГ

Вид транспорта	КПГ: 80 тенге/куб.м		СУГ (г. Алматы): 83 тенге/литр		Летнее ДТ: 160 тенге/литр		Зимнее ДТ: 250 тенге/литр		Бензин АИ-92: 163 тенге/литр	
	Расход куб.м / 100 км	Затраты в тенге на 100 км	Расход литр/100 км	Затраты в тенге на 100 км	Расход литр/100 км	Затраты в тенге на 100 км	Расход литр/100 км	Затраты в тенге на 100 км	Расход литр/100 км	Затраты в тенге на 100 км
Автобус	45	3 600	не применяется		40	6 400	40	10 000	44	7 172
Грузовой	45	3 600	не применяется		40	6 400	40	10 000	44	7 172
Легковой	12	960	13	1 078	10	1 600	10	2 500	11	1 793
Рост затрат на топливо в сравнении с КПГ, %			112%		177%		277%		200%	

Табл. 1.3.5-4 Сравнение затрат владения по видам топлива для автобусов, на 1 ед. (в расчете принят низкопольный автобус марки GOLDEN DRAGON 10,5М, с объемом двигателя 8,4л).

Расходы/АТС	Электробус	Автобус на КПГ	Автобус на ДТ
Стоимость автобуса	142 450 000	39 704 000	38 275 000
Годовой пробег, км	77 563	77 563	77 563
Расход топлива на 100 км, кВт, м ³ , л	25	30	30
Цена топлива, тенге	17	80	195
Расходы на топливо в год, тенге	331 580	1 861 500	4 537 406
Расходы на топливо за 7 лет, тенге	2 321 058	13 030 500	31 761 844
Расходы на ТО в год, тенге	160 000	880 000	800 000

Расходы/АТС	Электробус	Автобус на КПП	Автобус на ДТ
Расходы на ТО за 7 лет, тенге	1 120 000	6 160 000	5 600 000
Итого расходов с учетом стоимости автобуса за 7 лет, тенге	145 891 058	58 894 500	75 636 844

1.4 Анализ ключевых проблем и барьеров в области энергоэффективности и повышения энергетической эффективности

Созданная в целях реализации политики по снижению энергоемкости ВВП законодательная база характеризуется значительным преобладанием обязывающих механизмов при фактическом отсутствии инвестиционных и стимулирующих норм. Ряд законодательных требований (нормативы энергопотребления в промышленности, требования к коэффициенту мощности, обязательное снижение потребления энергоресурсов), принятых в части энергопотребления в промышленности, пока не дал существенных результатов. Важно отметить, что энергосберегающие мероприятия могут иметь незначительные экономические выгоды для отдельно взятого предприятия, но в масштабе страны могут оказать синергетический эффект, приводя к значительной экономии энергоресурсов.

На сегодняшний день существует ряд барьеров на пути к повышению энергоэффективности в отдельных приоритетных секторах.

Юридические барьеры:

- несоответствующее осуществление и обеспечение выполнения требований политики и законодательства в области энергосбережения и повышения энергоэффективности;
- отсутствие действенных схем страхования энергосервисных договоров при высоком уровне рисков;

- устаревшие технические стандарты и нормы препятствуют использованию нового, более эффективного оборудования и методов его установки.

Экономические барьеры:

- низкие тарифы на энергоносители, по причине чего производители и потребители не заинтересованы в получении экономии;
- отсутствие программ по стимулированию внедрения энергоэффективного оборудования, материалов и транспорта.

Институциональные барьеры:

- отсутствие целевых индикаторов повышения энергоэффективности по отраслям;
- невозможность использования средств, сэкономленных за счет внедрения мер по повышению энергоэффективности, в особенности через механизм ЭСКО для бюджетного сектора;
- административные барьеры и бюрократия;
- отсутствие механизмов стимулирования за внедрение энергосберегающих мероприятий;
- сложность получения компаниями правительственных или муниципальных гарантий, которых требует большинство международных кредиторов.

Технические барьеры:

- надзор за энергоэффективностью существующих зданий в процессе эксплуатации не ведется;
- недостаток технических знаний и потенциала для идентификации/оценки/реализации проектов в области энергосбережения;
- низкий уровень КПД оборудования;
- низкое качество используемого топлива транспортными средствами.

Финансовые барьеры:

- высокая себестоимость энергосервисных услуг вследствие высокой стоимости заимствования технологий и импортного оборудования и высокой стоимости;
- недоступность заемных средств (высокие процентные ставки) для реализации проектов по повышению энергоэффективности;
- инвестиционная привлекательность проектов по энергосбережению остается невысокой;
- низкий уровень понимания финансирования проектов по повышению энергоэффективности у банков и других финансовых учреждений.

Социальные барьеры:

- низкая эффективность системы общественного транспорта;
- слабая система планирования работы транспорта;
- низкая осведомленность социумов и невовлеченность в процесс энергосбережения;
- высокий уровень воздействия на окружающую среду промышленности.



Энергетический сектор

2. Анализ НТД для энергетических предприятий

Электроэнергетика Республики Казахстан является основной отраслью экономики. Надежное и эффективное функционирование отрасли, стабильное снабжение потребителей электрической и тепловой энергией является основой развития экономики страны и неотъемлемым фактором обеспечения цивилизованных условий жизни населения.

На сегодняшний день в Казахстане насчитывается 35 гидроэлектростанций с разной установленной мощностью от 702 МВт до 0,125 МВт.

Только несколько регионов страны могут похвалиться наличием таких сооружений и лидером по мощности ГЭС является Восточно-Казахстанская область – 1 774 МВт, на втором месте по установленной мощности ГЭС выступает Алматинская область – 807,045 МВт, на третьем месте Южно-Казахстанская область – 132,77 МВт и далее уже Жамбылская область- 14,9 МВт, Северо-Казахстанская область- 2,46 МВт, Карагандинская область – 0,63 МВт.

Тепловые электростанции в Казахстане имеют большую значимость, так как не только производят электроэнергию, но и являются источником тепловой энергии для нужд теплоснабжения населенных пунктов и промышленных объектов.

В Казахстане насчитывается 59 значимых объектов по комбинированному производству энергии с установленной мощностью от 4 000 МВт до 12 МВт, есть и менее мощные тепловые электростанции, мощность которых меньше 10 МВт.

В отличие от ГЭС тепловые электростанции имеют большее распространение на территории РК. Так большая концентрация установленной мощности приходится на промышленные регионы, Павлодарскую – 8 477 МВт и Карагандинскую область – 2 543 МВт.

Остальные регионы имеют тепловые электростанции с меньшей установленной мощностью:

- Акмолинская область – 562 МВт;
- Актюбинская область – 377 МВт;
- Алматинская область – 852 МВт;

- Атырауская область – 1 247 МВт;
- Восточно-Казахстанская область – 525 МВт;
- Жамбылская область – 1 290 МВт;
- Западно-Казахстанская область – 258 МВт;
- Костанайская область – 279 МВт;
- Кызылординская область – 267 МВт;
- Мангистауская область – 1 420 МВт;
- Северо-Казахстанская область – 434 МВт;
- Южно-Казахстанская область – 203 МВт.

Далее на Рис. 2-1 представлены доли установленной мощности тепловых электростанций по каждой области.



Рис. 2-1 Доли тепловых электростанций по установленной мощности, МВт¹⁰

Наиболее энергоемкой является Павлодарская область, почти 50 % всей установленной мощности тепловых электро-

¹⁰ Баланс мощности на час совмещенного максимума нагрузок ЕЭС Казахстана на период до 2022 г.

станций приходится на это регион. По остальным регионам доли варьируются от 13,57 % до 1,08 % от общей установленной мощности без учета мощности тепловых электростанций, мощность которых менее 10 МВт.

Производство электрической энергии в Казахстане осуществляют электрические станции различной формы собственности. По состоянию на 01.01.2020 г. Общая установленная мощность электростанций Казахстана составляет 22 936,6 МВт, располагаемая мощность — 19 329,7 МВт.

Электрические станции разделяются на электростанции национального значения, электростанции промышленного назначения и электростанции регионального назначения.

К электрическим станциям национального значения относятся крупные тепловые электрические станции, обеспечивающие выработку и продажу электроэнергии потребителям на оптовом рынке электрической энергии Республики Казахстан:

- ТОО «Экибастузская ГРЭС-1» им. Б.Г. Нуржанова,
- АО «Станция Экибастузская ГРЭС-2»,
- ЭС АО «ЕЭК» ERG, «Евразийская группа»,
- ТОО «Главная распределительная энергостанция Топар»,
- АО «Жамбылская ГРЭС» им. Т.И. Батурова.

А также гидравлические электростанции большой мощности, используемые дополнительно и для регулирования графика нагрузки ЕЭС РК:

- Бухтарминский ГЭК ТОО «Казцинк»,
- ТОО «АЭС Усть-Каменогорская ГЭС»,
- ТОО «АЭС Шульбинская ГЭС».

К электростанциям промышленного значения относятся ТЭЦ с комбинированным производством электрической и тепловой энергии, которые служат для электро-теплоснабжения крупных промышленных предприятий и близлежащих населенных пунктов:

- ТЭЦ-3 ТОО «Караганда Энергоцентр»,
- ТЭЦ ПВС, ТЭЦ-2 АО «Арселор Миттал Темиртау»,
- ТЭЦ АО «ССГПО» ERG, «Евразийская группа»,

- Балхашская ТЭЦ, Жезказганская ТЭЦ ТОО «Kazakhmys energy»,
- ТЭЦ-1 АО «Алюминий Казахстана» ERG, «Евразийская группа» и другие.

Электростанции регионального значения — это ТЭЦ, интегрированные с территориями, которые осуществляют реализацию электрической энергии через сети региональных электросетевых компаний и энергопередающих организаций, а также теплоснабжение близлежащих городов.

Передача электроэнергии

Электрические сети Республики Казахстан представляют собой совокупность подстанций, распределительных устройств и соединяющих их линий электропередачи напряжением 0,4–1150 кВ, предназначенных для передачи и (или) распределения электрической энергии.

Роль системообразующей сети в ЕЭС Республики Казахстан выполняет национальная электрическая сеть (НЭС), которая обеспечивает электрические связи между регионами республики и энергосистемами сопредельных государств (Российской Федерации, Кыргызской Республики и Республики Узбекистан), а также выдачу электрической энергии электрическими станциями и её передачу оптовым потребителям. Подстанции, распределительные устройства, межрегиональные и (или) межгосударственные линии электропередачи и линии электропередачи, осуществляющие выдачу электрической энергии электрических станций, напряжением 220 кВ и выше, входящие в состав НЭС, находятся на балансе АО «KEGOC».

Электрические сети регионального уровня обеспечивают электрические связи внутри регионов, а также передачу электрической энергии розничным потребителям. Электрические сети регионального уровня находятся на балансе и эксплуатации региональных электросетевых компаний (РЭК).

Энергопередающие организации (ЭПО) осуществляют на основе договоров передачу электрической энергии через собственные или используемые (аренда, лизинг, доверитель-

ное управление и иные виды пользования) электрические сети потребителям оптового и розничного рынка или энерго-снабжающим организациям.

Электроснабжение Казахстана

Электроснабжение рынка электрической энергии Республики Казахстан состоит из энергоснабжающих организаций (ЭСО), которые осуществляют покупку электрической энергии у энергопроизводящих организаций или на централизованных торгах и последующую её продажу конечным розничным потребителям. Часть ЭСО выполняет функции «гарантирующих поставщиков» электроэнергетики.

2.1 Описание технологических процессов, используемых в энергетике

Электроэнергетика Республики Казахстан включает следующие сектора:

- производство электрической энергии;
- передача электрической энергии;
- снабжение электрической энергией;
- потребление электрической энергии;
- иная деятельность в сфере электроэнергетики.

Технологические процессы получения электроэнергии на ТЭС и ТЭЦ

Примерно 70 % мировой электроэнергии вырабатывается на тепловых электростанциях классического типа. Они делятся на конденсационные тепловые электростанции (КЭС, чаще их называют ТЭС), которые вырабатывают в основном электроэнергию, и теплоэлектроцентрали (ТЭЦ), которые производят электроэнергию, а также горячую воду для обеспечения потребителей и отопления.

На ТЭС и ТЭЦ используют не возобновляемое топливо (уголь, газ, мазут, торф), преимущественно уголь. В ближайшее время «угольные» технологии будут продолжать играть преобладающую роль в электроэнергетике, и объем инвести-

ций в эту область будет увеличиваться. Поэтому основными направлениями научных исследований должны являться работы по обеспечению снижения выбросов CO_2 .

Основное оборудование ТЭС – котел, парогенератор, турбина, ТГ, насосное оборудование. В котле при сжигании топлива выделяется тепловая энергия, которая передается воде и преобразуется в потенциальную энергию водяного пара в парогенераторе. Пар из парогенератора поступает на турбину, где его тепловая и кинетическая энергия превращается в механическую энергию вращения ротора турбины и генератора. В турбогенераторе механическая энергия превращается в электрическую. Таким образом, процесс производства электроэнергии на ТЭС можно разделить на три цикла:

1. химический – процесс горения, в результате чего тепловая энергия передается воде и пару;
2. механический – тепловая энергия пара превращается в механическую энергию вращения турбины и ротора генератора;
3. электрический – ТГ превращает механическую энергию в электрическую.

На

Рис. 2.1-1 представлена схема производства электроэнергии на ТЭС.

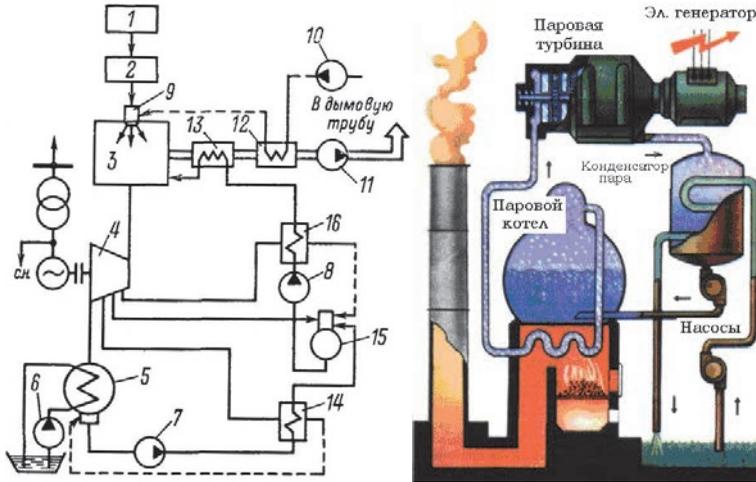


Рис. 2.1-1 Технологическая схема производства электроэнергии на ТЭС: 1 – склад топлива и система топливоподачи, 2 – система подготовки топлива, 3 – котел, 4 – турбина, 5 – конденсатор, 6 – циркуляционный насос, 7 – конденсатный насос, 8 – питательный насос, 9 – горелки котла, 10 – вентилятор, 11 – дымосос, 12 – воздухоподогреватель, 13 – водяной экономайзер, 14 – подогреватель низкого давления, 15 – деаэратор, 16 – подогреватель высокого давления

Технологический процесс

Основное оборудование на станциях: котел, турбина.

Вспомогательное оборудование: тракт топливоподачи, дымовая труба.

БВС, ОРУ, компрессорная, электролизная, подъездные ж/д пути- для энергоблоков.

мазутное хозяйство, пусковая котельная, озероводохранилище, химводоочистка, золоотвал.

Топливоподача представляет технический комплекс, состоящий из:

- основного тракта топливоподачи,
- разгрузочного устройства,
- угольного склада временного хранения,

- мазутохозяйство с резервуарами,
- техническое водоснабжение – оборотное.

Для обеспечения подпитки технологического цикла котлов и тепловых сетей предусмотрена химическая водоочистка.

Система золошлакоудаления – гидравлическая, самотечная, с эрлифтной системой подъема золошлаковой пульпы. Наружные сети гидрозолошлакоудаления состоят из 2-х ниток, одна из которых резервная. Золоотвал находится в котловине недалеко от станции.

Для обеспечения пусковых операций предусмотрена пускоотопительная котельная (ПОК). Котлы ПОК совместно с бойлерными установками энергоблоков покрывают тепловые нагрузки жилого поселка Солнечный и объектов промплощадки.

В качестве основного топлива, как пример, может использоваться каменный уголь марки КСН (СТ РК 1383-2005) из Экибастузского угольного бассейна ТОО «Богатырь Комир», разрез Северный, поступающий на станцию в железнодорожных полувагонах. Полувагоны подаются на вагоноопрокидыватели, откуда выгруженный в приемные бункера уголь ленточными питателями подается на ленточные конвейеры и далее подается на бункера сырого угля котлов или на угольный склад.

Растопочным топливом является топочный мазут марки-100, поставка которого осуществляется железнодорожным транспортом в цистернах. Железнодорожные цистерны подаются на эстакаду слива мазута, где мазут после цистерн поступает в приемную емкость, откуда мазутными насосами перекачивается в мазутные баки хранения. Топочный мазут постоянно циркулирует между мазутонасосной и главным корпусом. Мазут подается на мазутные форсунки горелок паровых котлов, где используется для растопки котлов или подсветки факела.

Уголь из бункеров сырого угля котлов подается на вход мельниц, где происходит его дробление и истирание до необходимого размера, с последующей просушкой горячим воз-

духом подаваемого из воздухоподогревателя. Из мельниц приготовленная угольная пыль вдувается в горелки котлов, где факельным образом происходит его сжигание. В топке котла, горящий факел посредством лучистого теплообмена передает свою энергию питательной воде, протекающей по трубкам экранов котла. По горизонтальному газоходу факел обтекает ширмовый пароперегреватель отдавая свое тепло перегретому пару посредством лучистого и конвективного теплообмена, далее дымовые газы опускаются в опускных газоходах котла посредством конвективного теплообмена отдают свое тепло поверхностям нагрева. На выходе из котла дымовые газы поступают в воздухоподогреватель, где нагревают холодный воздух из котельного цеха до 340°С, который подается в мельницы для транспортировки и сушки пылеугольной смеси и для горения в горелки котлов. После воздухоподогревателя дымовые газы проходят через фильтр, где происходит улавливание золы из дымовых газов, далее дымовые газы дымососами выбрасываются в дымовую трубу. Уловленная зола после фильтров подается в трубопровод гидрозолоудаления.

Произведенный в паровом котле перегретый пар по паропроводам подается на стопорные и регулирующие клапана цилиндра высокого давления (ЦВД) паровой турбины, где проходя через проточную часть цилиндра передает свою энергию лопаткам ротора турбины приводя их во вращение, на выходе из ЦВД пар снова возвращается в паровой котел, где в промежуточном пароперегревателе происходит повышение его температуры. После промежуточного перегрева пар подается на стопорные и регулирующие клапана цилиндра среднего давления (ЦСД), проходя проточную часть ЦСД пар расширяется, отдавая свою энергию на вращение лопаток турбины. После ЦСД пар разделяется на два потока и подается в цилиндры низкого давления (ЦНД), далее пар поступает в конденсаторы турбины, где конденсируется на трубках, через которые протекает охлаждающая вода из озера, после чего переходит жидкую фазу. Вода из озера подается циркуляционными насосами на вход конденсатора турбины, ТПН и другие теплообменники охлаждения газов, воды и масла.

Из конденсатора турбины образовавшийся конденсат насосами прокачивается через трубные пучки эжекторов, где происходит конденсация пара основной задачей которого является удаление паровоздушной смеси из конденсатора турбины для поддержания заданного значения вакуума. После конденсат проходит группу подогревателей низкого давления (ПНД), в которых происходит его нагрев посредством пара из отборов турбины отбираемого на регенерацию. После ПНД конденсат поступает в деаэратор, где происходит удаление из воды растворенных в ней газов путем нагрева паром из отбора турбины в деаэрационной колонке. Деаэрированная вода сливается в приемную емкость деаэратора, далее вода поступает на вход бустерного и далее турбопитательного питательного насосов, где происходит повышение давления воды. Турбопитательные и бустерные насосы приводятся во вращение от паровой турбины, которая работает на паре отбираемого из IV отбора турбины.

Питательная вода после насоса проходит через группу подогревателей высокого давления (ПВД), где происходит ее нагрев за счет пара из I, II (ХПП после ЦВД) и III отбора турбины, подаваемого на ПВД, отбираемого на регенерацию. После ПВД питательная вода подается на вход в котел.

Кинетическая энергия вращающегося ротора турбины передается вращению ротора генератора, который в свою очередь преобразует ее в электромагнитную энергию, которая выдается через повышающие трансформаторы и далее в линии электропередачи, подключенных к ОРУ 500 кВ в энергосистему.

Для нужд теплофикации собственных нужд и внешнего потребителя из V и VII отборов турбины отбирается пар, который подается в основной и пиковый бойлер, в которых происходит, нагрев циркулирующей сетевой воды, которая в свою очередь перекачивается сетевыми электронасосами. Для обеспечения паровых потребителей станции и внешних потребителей пар подается в коллектор собственных нужд (КСН).

Технологические процессы получения электроэнергии на ГЭС

Сегодня современные гидроэлектростанции — это огромные сооружения на гигаватты установленной мощности. Принцип работы любой ГЭС достаточно простой, и везде почти идентичен. Напор воды, направленный на лопасти гидротурбины, приводит ее во вращение, а гидротурбина в свою очередь, будучи соединена с генератором, вращает генератор. Генератор вырабатывает электроэнергию, которая и подается на трансформаторную станцию, а затем и на ЛЭП.

В машинном зале гидроэлектростанции установлены гидроагрегаты, которые преобразуют энергию потока воды в энергию электрическую, а непосредственно в здании гидроэлектростанции располагаются все необходимые распределительные устройства, а также устройства управления и контроля работы ГЭС.

Мощность гидроэлектростанции зависит от количества и от напора воды, проходящей через турбины. Непосредственно напор получается благодаря направленному движению потока воды. Это может быть вода, накопленная у плотины, когда в определенном месте на реке строится плотина, или же напор получается благодаря деривации потока, — это когда вода отводится от русла по специальному туннелю или каналу. Так, гидроэлектростанции бывают плотинными, деривационными и плотинно-деривационными.

Наиболее распространенные плотинные ГЭС имеют в своей основе плотину, перегораживающую русло реки. За плотиной вода поднимается, накапливается, создавая своего рода водяной столб, обеспечивающий давление и напор. Чем выше плотина — тем сильнее напор.

Гидростанции, использующие энергию воды, бывают двух типов. Если река имеет небольшое падение, но относительно многоводна, то при помощи плотины, перегораживающей реку, создают достаточную разность уровней воды.

Над плотиной образуется водохранилище, обеспечивающее равномерную работу станции в течение года. У берега ниже плотины, в непосредственной близости к ней устанавливается водяная турбина, соединенная с электрическим ге-

нератором (приплотинная станция). Если река судоходна, то у противоположного берега делается шлюз для пропуска судов.

Если же река не очень многоводна, но имеет большое падение и бурное течение (например, горные реки), то часть воды отводится по специальному каналу, имеющему гораздо меньший уклон, чем река. Канал этот иногда имеет протяженность в несколько километров. Иногда условия местности вынуждают заменить канал тоннелем (для мощных станций). Таким образом создается значительная разность уровней между выходным отверстием канала и нижним течением реки.

У конца канала вода поступает в трубу с крутым наклоном, у нижнего конца которой располагается гидротурбина с генератором. Благодаря значительной разности уровней вода приобретает большую кинетическую энергию, достаточную для питания станции (деривационные станции).

Подобные станции могут иметь большую мощность и относиться к разряду районных электростанций (смотрите - Малые ГЭС). На самых малых станциях турбина иногда заменяется менее эффективным, но дешевым водяным колесом.

2.2 Наилучшие доступные технологии в энергетике и рекомендации по их применению

Принцип наилучших доступных технологий в энергетике является основным инструментом при регулировании техногенного воздействия на окружающую среду, и его практическое применение в ряде европейских стран наглядно показало свою эффективность.

В данном разделе наилучшие доступные технологии были определены в ходе обмена информацией и в процессе проведения энергетических аудитов энергетических предприятий.

На сегодняшний день самые наилучшие доступные технологии на территории Казахстана представлены в Табл. 2.2-1.

Табл. 2.2-1 Перечень наилучших доступных технологий

№ п/п	Наименование технологии
1.	Замена дутьевого вентилятора
2.	Восстановление обмуровки котлоагрегатов
3.	Модернизация системы очистки циркуляционной воды
4.	Установка дополнительного ПВД
5.	Реконструкция тепловой сети
6.	Установка частотных преобразователей на двигатели мельничных вентиляторов
7.	Увеличение мощности турбины
8.	Механическая очистка трубок сетевых подогревателей
9.	Увеличение паропроизводительности РОУ-ГПП
10.	Уплотнение топки и газоходов котлов
11.	Повышение эффективности работы станции за счет увеличения числа часов работы блоков с ПТН от IV отбора турбины
12.	Установка экономайзера после электрофильтров
13.	Восстановление ПВД
14.	Повышение эффективности работы станции за счет увеличения времени работы блоков с включенными ПВД
15.	Введение в работу блочного координатора на энергоблоках
16.	Снижение расхода технической воды на гидрозолоудаление
17.	Потери конденсата в ТГЦ
18.	Очистка трубной поверхности конденсаторов турбин
19.	Возврат чистого конденсата в основной цикл, с замещением сетевой воды на нефтеловушку конденсатом после подогревателей мазута
20.	Доведение тонины помола угля до нормативного значения
21.	Входной контроль угля
22.	Установка железоотделителей на ленточный конвейер
23.	Установка профильного ограждения на угольный склад
24.	Повышение эффективности работы водохранилища охладителя
25.	Защита водохранилища охладителя от испарения
26.	Замена устаревших силовых трансформаторов на современные трансформаторы
27.	Реконструкция гидроагрегатов с заменой гидрогенераторов и рабочих колес

№ п/п	Наименование технологии
28.	Установка устройств плавного пуска с функцией энергосбережения на двигатели масловинтовых насосов
29.	Конструктивное изменение стальных шпилек шинодержателей
30.	Поддержание майны водоспускной плотины (ВСП)
31.	Замена воздушных выключателей на элегазовые выключатели-разъединители
32.	Снижение технических потерь электроэнергии за счёт применения электропроводящей смазки для контактов

2.2.1 Замена дутьевого вентилятора

В котельном цехе необходимо обращать внимание на работу дутьевого вентилятора. Режим работы вентилятора достаточно продолжительный. Регулировка подачи воздуха осуществляется направляющим аппаратом. Для определения режима работы вентилятора и глубины регулировки подачи воздуха необходимо снять данные профиля нагрузки.

В работу дутьевой вентилятор приводит электропривод. Коэффициент полезного действия электропривода при полной нагрузке может составлять 94%. В свою очередь, при загрузке электропривода на 30% коэффициент полезного действия двигателя примерно снижается до 80%.

Для подбора нового вентилятора необходимо по аэродинамической характеристике существующего вентилятора определить фактические параметры работы оборудования. Исходя из полученных данных по величине подачи воздуха, можно подобрать другой вентилятор с такой же производительностью, но с менее мощным электроприводом.

Технический аспект: Данное мероприятие имеет определенные требования к его технической возможности и осуществимости и требует тщательной проработки всех возможных рисков, включая подбор более эффективного оборудования.

Экономический аспект: Снижение затрат на собственные нужды за счет правильного регулирования подачи воздуха с применением менее мощного электропривода. При-

мерный срок окупаемости до 10 лет, в зависимости от исходной ситуации, изменения стоимости оборудования и т.д.

2.2.2 Восстановление обмуровки котлоагрегатов

Превышение температуры изоляции на поверхности котлоагрегатов указывает на необходимость проведения испытаний обмуровки и тепловой изоляции. Данное мероприятие позволит более точно дать оценку фактического состояния тепловой изоляции, выявить поврежденные участки тепловой изоляции и наметить пути устранения дефектов.

В качестве рекомендации при приведении в порядок изоляции поверхностей с температурами 400 °С и выше (на которую приходится от 70 до 95 % сверхнормативных потерь с поверхности изоляции), использовать конструкцию, основанную на комбинированном использовании двух материалов – на основе муллитокремнеземистого волокна в качестве первого защитного слоя в сочетании с волокнистыми материалами базальтового типа в качестве второго и последующих слоев.

Восстановление изоляции помимо уменьшения потерь в окружающую среду снижает присосы по газовому тракту КА и увеличивает КПД.

Технический аспект: Однозначное соблюдение требований по технике безопасности и снижение непроизводительных потерь.

Экономический аспект: Снижение затрат на собственные нужды за счет снижения расхода топлива. Примерный срок окупаемости до 8 лет, в зависимости от объема выполнения работ, изменения стоимости теплоизоляционного материала и самих работ, если это будет делать сторонняя организация.

2.2.3 Модернизация системы очистки циркуляционной воды

Во время паводка наблюдается интенсивный занос трубных систем конденсаторов листьями, шугой и т.д. Гидравлическое сопротивление конденсатора растет, увеличивается полный напор насосов, а расходы воды на конденсатор уменьшаются. Нынешняя система очистки, не позволяющая поддерживать чистоту поверхности трубных систем конденсаторов в период паводка, что приводит с ростом температурных напоров к ухудшению вакуума до $-0,9$ ати, что приводит к повышенному потреблению пара, а, следовательно, и топлива.

Малогабаритная конусная сетка, устанавливаемая в трубопроводах. Применяемые по настоящее время водоочистные вращающиеся ленточные сетки громоздки, металлоемки и дороги. В связи с этим представляет интерес новая конструкция малогабаритной водоочистной сетки. Для этой сетки не требуется специального помещения, она устанавливается внутри всасывающих или напорных трубопроводов и представляет собой конус с промывным устройством, располагаемым внутри конуса и приводимым во вращение электродвигателем с редуктором. Последние располагаются на внешней стороне водовода. Неочищенная вода подается с наружной стороны конуса сетки, на которой мусор оседает, а очищенная вода проходит внутрь конуса. Смытые водой, подаваемой извне трубопроводом, мусор с поверхности сетки постепенно перемещаются к основанию конуса, откуда через трубу отводятся наружу.

Технический аспект: Снижение перерасхода пара и топлива за счет модернизации системы очистки с установкой водоочистных вращающихся конусных сеток, с непрерывной промывкой во время паводка.

Экономический аспект: Снижение затрат на собственные нужды за счет понижения расхода электроэнергии оборудованием и снижения потребления топлива. Оценочный срок окупаемости составляет 5 лет, в зависимости от исходной ситуации, степени загрязнений, изменения стоимости

оборудования и монтажных работ, если это будет делать сторонняя организация.

2.2.4 Установка дополнительного ПВД

В настоящее время при отключении ПВД одной турбины температура питательной воды перед котлами опускается ниже нормы, из-за нехватки мощности системы регенеративного подогрева. Это приводит к увеличению расхода пара через турбину для поддержания требуемой мощности турбоагрегата, а, следовательно, и к недовыработке электроэнергии.

Предлагается установка дополнительного ПВД для подогрева воды, проходящей через холодный стояк, с греющим паром из отбора 12 атм.

Технический аспект: Однозначное повышение энергоэффективности оборудования и снижение показателей потерь, перерасхода пара и топлива.

Экономический аспект: Главным требованием при реконструкции и замене оборудования является требование к применению высокоэффективных технологий, способствующие снижению затрат на собственные нужды. Оценочный срок окупаемости составляет 5-7 лет, в зависимости от изменения стоимости оборудования и монтажных работ.

2.2.5 Реконструкция тепловой сети

Теплоизоляция воздушных сетей обычно выполнена минеральной ватой с покрытием оцинкованным металлическим листом. Многочисленные нарушения целостности покрытия способствуют ухудшению теплоизоляционных свойств изоляции и росту потерь тепла при транспортировке. Причинами ухудшения свойств теплоизоляции является как старение материалов, некачественный монтаж изоляции при ремонте существующих и строительстве новых тепловых сетей, так и в большей степени нарушение влажностного режима работы теплоизоляции. Накапливание влаги в структуре утеплителя

вызывает существенное ухудшение теплоизоляционных свойств, а также способствует быстрому развитию коррозии материала трубопровода.

Для снижения потерь тепла при транспортировке предлагается произвести замену тепловой изоляции на оголенном участке теплосети.

Изоляция из ППУ скорлуп для труб обладает весьма низким коэффициентом теплопроводности. В нем 3% от объема – твердый материал, представляющий каркас, а остальные 97% составляют особые закрытые поры, заполненные изоляционными газами и воздухом. Изоляция труб ППУ в несколько раз превосходит традиционные материалы для изоляции труб (минеральную вату, пенопласт, и др.) и позволяет создать монолитное, полностью гидроизолирующее покрытие трубы.

ППУ скорлупа представляет собой изделие в виде полужесткого цилиндра из пенополиуретана низкой плотности. Поперечное сечение изоляции – кольцо с разрезом поперек диаметра, доходящим до покровного материала. Коэффициент теплопроводности ППУ скорлуп (толщина 50 мм) равен 0,021 Вт/(м·°С).

Технический аспект: Поддержание нормального уровня температурного режима сети. Снижение тепловых потерь и эксплуатационных расходов.

Экономический аспект: Снижение затрат за счет понижения эксплуатационных расходов и сверхнормативных потерь. Оценочный срок окупаемости составляет 7-10 лет, в зависимости от объема экономии, протяженности и диаметров сети, а также изменения стоимости материала и монтажных работ.

2.2.6 Установка частотных преобразователей на двигателях мельничных вентиляторов

Режим работы вентилятора достаточно продолжительный. Регулировка подачи воздуха осуществляется шиббером. Максимальная глубина регулировки расхода воздуха состав-

ляет 40%. Время работы с прикрытым шибером примерно составляет 40% (1680 ч/год) времени работы вентилятора.

Для более эффективной работы можно рассмотреть регулирование выходных параметров вентилятора за счет автоматического регулирования частоты вращения рабочего колеса вентилятора. Для этого необходимо установить частотный преобразователь, который будет обеспечивать автоматическое регулирование скорости вращения двигателя.

Применение ЧРП также дает ряд следующих дополнительных преимуществ, трудно учитываемых в денежном выражении:

- работа механизмов большую часть времени на пониженных частотах вращения с уменьшением циклических динамических и вибрационных нагрузок на подшипники, уплотнения, крепления, фундаменты механизмов и электродвигателей и соответствующим увеличением их ресурса и межремонтного пробега;
- снижение механических, аэродинамических и электродинамических нагрузок при пусках и в переходных режимах до уровня безвредных;
- исключение бросков тока в обмотках электродвигателей при пусках и снижение величины пусковых токов до номинальных значений;
- поддержание оптимального аэродинамического режима;
- исключение износа воздухопроводной арматуры в связи со снятием с них регулирующих функций.

Технический аспект: Снижение потребления электроэнергии электродвигателями мельничных вентиляторов, уменьшение износа и увеличение ресурса оборудования.

Экономический аспект: Снижение затрат на собственные нужды за счет понижения расхода электроэнергии приводом вентилятора. Примерный срок окупаемости составляет от 2-5 лет в зависимости от объёма экономия электроэнергии на работу электропривода с ЧРП и изменения стоимости самого ЧРП.

2.2.7 Увеличение мощности турбины

В качестве мероприятия по повышению эффективности использования энергоресурсов предлагается заменить турбины малой мощности на более мощные турбины. Усовершенствование аэродинамических характеристик рабочих и направляющих лопаток более мощной турбины, позволяет повысить эффективность работы каждой ступени, и общий внутренний КПД турбины соответственно, при том же потреблении пара.

Технический аспект: Данное мероприятие имеет наиболее высокие требования к его технической возможности и осуществимости и требует тщательной проработки всех возможных рисков. Снижение за счет повышения эффективности работы теплогенерирующей установки способствует понижению эксплуатационных расходов.

Экономический аспект: Главным требованием при реконструкции и замене оборудования является требование к применению высокоэффективных технологий, обеспечивающих снижение потерь до уровня рентабельности. При увеличении объема выработки примерный срок окупаемости составит от 10 до 15 лет. В зависимости от объема затрат по дополнительным работам, проектирование, монтаж и т.д.

2.2.8 Механическая очистка трубок сетевых подогревателей.

В виду длительной эксплуатации системы основных бойлеров без очистки и замены трубной системы змеевиков, наблюдается заметное ухудшение теплопередачи с поверхностей нагрева, и соответственно превышение (увеличение) потребления тепловой энергии. В связи с этим необходимо провести механическую очистку трубок сетевых подогревателей и внести эти работы в график ППР.

Технический аспект: Снижение за счет восстановления эффективной работы сетевых подогревателей и как следствие понижение потребления тепловой энергии бойлерами.

Экономический аспект: Достижение максимальной экономической эффективности работы оборудования. За счет экономии топлива оценочный срок окупаемости составит менее 1 года, при условии выполнения очистки собственными силами.

2.2.9 Увеличение паропроизводительности РОУ-ГПП

Предлагается провести мероприятие по замене существующего РОУ-ГПП паропроизводительностью 80 т/ч на 130 т/ч.

На сегодняшний день коллектор собственных нужд (далее КСН) питается паром от ПСБУ СН, РОУ ГПП энергоблоков. КСН питает турбопривод питательных насосов, бойлеры ПОК, подогреватель сырой воды и др. Общий расход пара через КСН при отключенных IV отборах составляет до 200 т/ч. При этом регуляторы РОУ открыты на 100 %, однако расход через РОУ каждого энергоблока в диапазоне нагрузок от 340 до 460 МВт не превышает 60 т/ч. Т.е. 40 – 60 % расхода пара на КСН подается от ПСБУ СН, который установлен на паропроводе острого пара. Существующие РОУ ГПП рассчитаны для обеспечения паром КСН в объемах по 80 т/ч при давлении ГПП 32 – 38 кгс/см², а такое давление ГПП обеспечивается только в диапазоне нагрузок 450 – 500 МВт.

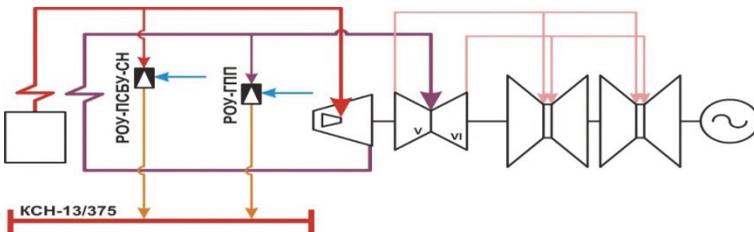


Рис. 2.2.9-1 Схема питания КСН от РОУ-ГПП и РОУ-ПСБУ-СН

Существующая схема работы КСН является неэкономичной, т.к. для питания паром КСН используется большой расход высокопотенциального острого пара через ПСБУ СН.

Для уменьшения расхода острого пара на питание КСН и увеличение расходов через РОУ ГПП необходимо произвести замену существующего РОУ ГПП энергоблока по двум причинам:

1. В целях экономии острого пара и создания более экономичного режима работы КСН.
2. Для обеспечения экономичной работы КСН предлагается смонтировать РОУ-130, который может обеспечивать КСН паром с параметрами 13 кгс/см² и расходом 130 т/ч в диапазоне режимов работы энергоблоков от 340 до 500 МВт при давлении ГПП от 24 до 38 кгс/см².

Предлагаемая модернизация позволит обеспечивать КСН паром от РОУ ГПП в количестве 180 т/ч и 20 т/ч от ПСБУ СН при любых нагрузках энергоблока.

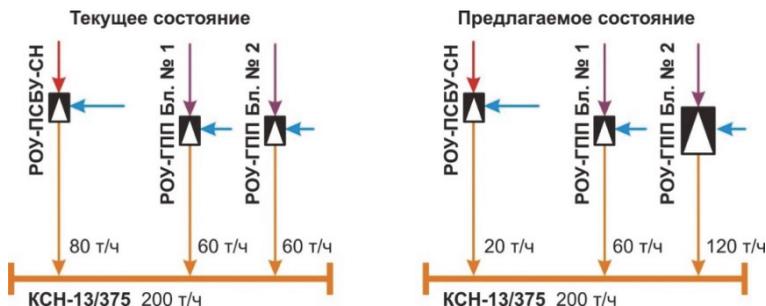


Рис. 2.2.9-2 Баланс распределения питания КСН от РОУ-ГПП и РОУ-ПСБУ-СН

В итоге, при замене РОУ-ГПП с производительностью 80 т/ч на 130 т/ч произойдет перераспределение в расходах пара после котла, что в свою очередь даст снижение расхода угля.

Технический аспект: Повышение эффективности работы оборудования за счет увеличения паропроизводительности.

Экономический аспект: Данное мероприятие принесет значительную экономию и даст ощутимый эффект по топливу. Примерный срок окупаемости составит 10-15 лет.

2.2.10 Уплотнение топки и газоходов котлов

В период ремонтной компании при выполнении ремонта котла, необходимо устранить места нарушения обмуровки топки и восстановить наружную металлическую обшивку, а также устранить неплотности по пути движения дымовых газов до дымососов.

Присосы воздуха увеличивают объем дымовых газов и потери с уходящими газами и соответственно снижают КПД котла брутто. Устранение нарушения плотности паровых котлов во время ремонта позволит сэкономить уголь.

Технический аспект: Повышение эффективности работы оборудования за счет снижения присосов воздуха.

Экономический аспект: Данное мероприятие принесет значительную экономию и даст ощутимый эффект по топливу. Примерный срок окупаемости составит 2-5 лет в зависимости от объема сэкономленного топлива и изменения стоимости используемого материала.

2.2.11 Повышение эффективности работы станции за счет увеличения числа часов работы блоков с ПТН от IV отбора турбины¹¹¹²¹³

Для повышения эффективности работы станции предлагается повысить нагрузку на работающих блоках близкой к номинальной с работой ПТН от IV отбора турбины, а один блок использовать в качестве регулирующей мощности с ПТН работающим от БРОУ-ТПН.

¹¹ Тепловые электрические станции. Рыжкин В.Я. М.1976 г.

¹² Технический отчет определения исходных данных для расчета режимов работы турбоприводов ОК-18ПУ-500. Союзтехэнерго. М 1985 г.

¹³ Типовая энергетическая характеристика турбоагрегата К-500-240-2 ХТГЗ. ТХ 34-70-012-85. М 1985 г.

В такой ситуации 6 блоков проработают с ПТН от IV отбора турбины 25 366 часов, один блок с ПТН от БРОУ-ПТН 4 227 часов, эффективность составит 85,7 %.

При снижении давления в IV отборе уменьшается располагаемая максимальная мощность турбопривода (режим с полностью открытыми регулирующими клапанами), тем самым не обеспечивается производительность питательных насосов.

Технический аспект: Повышение эффективности работы станции.

Экономический аспект: Главным требованием к оборудованию является требование по эффективности работы, обеспечивающих снижение до уровня рентабельности. Оценочный потенциал будет складываться из объема полученной сверх выработки при том же расходе топлива.

2.2.12 Установка экономайзера после электрофильтров

Предлагается полезно использовать теряемое с дымовыми газами тепло на нагрев конденсата или сетевой воды.

На предприятии установлены прямоточные котельные агрегаты типа Пп-1650-255, Подольского машиностроительного завода, однокорпусные с Т-образной компоновкой. Изначально на котлах были установлены скруббера с решеткой, но в последствии были заменены на электрические фильтры.

Температура дымовых газов после электрического фильтра поддерживается на уровне 137 – 160 °С, степень очистки электрического фильтра составляет 99,6 % (условно дымовые газы можно считать чистыми не содержащими в потоке абразивных золowych частиц).

Режим работы дымовых труб определен максимальной температурой 160 °С, номинальная температура на входе 92 °С, температура точки росы 60 °С.

В соответствии с этим предлагается утилизировать тепло с уходящими дымовыми газами и понижением их температу-

ры с 140 до 92 °С, в качестве нагреваемой среды предлагается два варианта:

Вариант 1: использовать конденсат после подогревателя низкого давления турбины № 1 (ПНД-1) с температурой конденсата 50 °С, который подается в дополнительный экономайзер, установленный после электрического фильтра до дымососов, в котором происходит его нагрев. Далее нагретый конденсат возвращается в систему регенерации турбины в ПНД-2 (Рис. 2.2.12-1).

Вариант 2: использовать сетевую воду из обратного водовода после потребителей с температурой 50 °С, которая подается сетевым электронасосом в дополнительный экономайзер, установленный после электрического фильтра до дымососов, в котором происходит его нагрев. Далее нагретая сетевая вода подается на вход пикового бойлера, где происходит догрев при понижении температуры наружного воздуха (Рис. 2.2.12-1).

Реализация данного мероприятия позволит уменьшить количество пара отбираемого: из VIII отбора турбины на ПНД-2 (вариант 1), из VII отбора турбины на основной бойлер (вариант 2), что при неизменной выработке позволит сократить расход пара подаваемого на турбину и в результате приведет к снижению расхода угля на паровой котел.

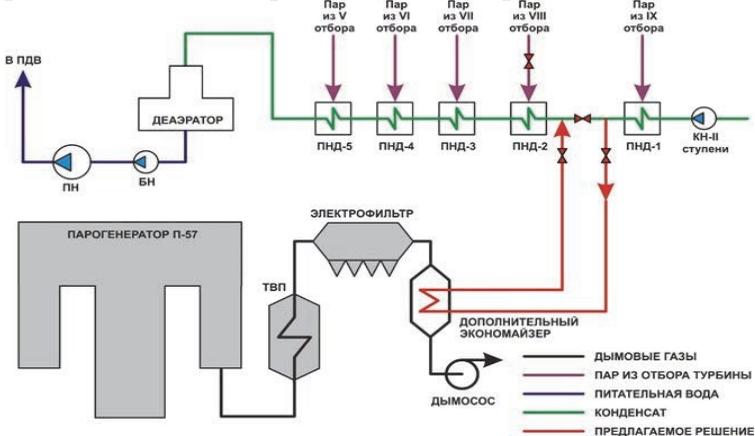


Рис. 2.2.12-1 Принципиальная схема установки дополнительного экономайзера для нагрева основного конденсата.

Утилизируя тепло дымовых газов, охлаждая их от 140 °С до 91 °С позволяет нагреть воду с расходом 1 067 т/ч с температуры 50 °С до 77 °С.

По варианту 1: для оценки снижения расхода пара в ПНД-2 при подаче на вход более подогретого конденсата после дополнительного экономайзера нужно произвести расчет расхода пара в первоначальном режиме и после подогрева в ЭК. В итоге произойдет сокращение расхода пара в ПНД-2, данный пар проходя через ступени турбины вырабатывает определенны объем электроэнергии.

Для выработки электроэнергии необходим пар, который пройдет все ступени и сконденсируется в конденсаторе.

В результате мероприятие позволит сократить расход пара в голову турбины при сохранении выработки электрической энергии.

Данное сокращение расхода пара при неизменных условиях приведет к снижению расхода угля.

По варианту 2: для оценки снижения расхода пара в основной бойлер при подаче сетевой воды помимо бойлера после дополнительного экономайзера необходимо произвести расчет расхода пара в первоначальном режиме и после подогрева в ЭК.

В итоге произойдет следующее, пар на ОБ отбираться не будет, при этом произойдет сокращение расхода пара в ПБ. Пар отбираемый в отборах производит полезную выработку электроэнергии, для выработки такого количества необходим пар, который пройдет все ступени и попадет в конденсатор. В результате произойдет сокращение расхода пара.

Данное сокращение расхода пара при неизменных условиях приведет к снижению расхода угля.

Технический аспект: Повышение эффективности работы оборудования.

Экономический аспект: Данное мероприятие принесет значительную экономию и даст ощутимый эффект по топливу. Примерный срок окупаемости составит 5-7 лет в зависимости от объема сэкономленного топлива и изменения стоимости используемого оборудования.

2.2.13 Восстановление ПВД

Предлагается восстановить проектную схему работы блока и тем самым повысить экономичность работы блока в целом.

С целью повышения экономичности работы тепловых электрических станций применяют регенеративный подогрев питательной воды паром из отборов турбины. Конденсат после подогревателей низкого давления поступает в деаэрационную колонку типа ДСП-2000-1 в деаэрационный бак типа БДП-150-1, в котором подогревается до 164 °С (рабочее избыточное давление – 6 кгс/см²).

В дальнейшем питательная вода поступает в регенеративную установку высокого давления, которая состоит из трех подогревателей.

Технический аспект: Однозначное повышение энергоэффективности оборудования и снижение показателей потерь.

Экономический аспект: Главным требованием к оборудованию является требование по его эффективной работе. Снижение расхода топлива за счет восстановления проектной схемы работы. Оценочный срок окупаемости может составить до 5 лет в зависимости от затрат на восстановление.

2.2.14 Повышение эффективности работы станции за счет увеличения времени работы блоков с включенными ПВД

Предлагается повысить число часов работы блоков совместно с ПВД с 48 % до 75 % от времени работы блоков в году, тем самым повысить эффективность работы станции.

Согласно типовой энергетической характеристики турбоагрегата необходимо определить поправку к расходу свежего пара, при отключении группы ПВД расход на голову турбины снижается, т.к. пар из отборов не отбирается и проходит через всю турбину и поступает в конденсатор, дополнительно вырабатывая электроэнергию.

Технический аспект: Безусловное повышение эффективности работы оборудования.

Экономический аспект: Основным требованием к оборудованию является требование по его эффективной работе. При его улучшении сказывается на показателях выработки и потребления топлива. Оценочный срок окупаемости может составить до 5 лет если выявятся дополнительные затраты при эксплуатации.

2.2.15 Введение в работу блочного координатора на энергоблоках

Оснащение блоков станции комплексом АСУ ТП позволяющий мониторить показания всех производственных показателей работы оборудования в удаленном режиме, также данный комплекс имеет инструменты воздействия на исполнительные механизмы управления вспомогательных систем блока, но, однако управление работой блоком все равно осуществляется машинистами котлов и турбин.

При изменении задания диспетчером нагрузки на блоке, происходит изменение его установившегося состояния в неустойчивое, в процессе которого происходит приведение в согласованный режим работы вспомогательных систем, а именно на определенную нагрузку на турбине необходимо обеспечить необходимый расход пара, под это изменяется режим работы всех регуляторов, компенсирующих это изменение. Иногда у машиниста уходит продолжительное время на приведение в соответствие параметров работы оборудования согласно режимных карт.

В этой связи предлагается на энергоблоках ввести в работу блочный координатор (БК).

БК обеспечивает скоординированную стратегию управления верхнего уровня, которая связывает воедино управление котлом и турбиной. БК генерирует и регулирует задание нагрузки энергоблока в МВт. Задание нагрузки может быть введено посредством ручного задания оператором, дистанционным вводом с центрального управляющего органа (при

дальнейшем развитии системы) или сгенерировано программами обработки нештатных ситуаций, приводящих к необходимости оперативных или предупредительных снижений нагрузки.

Блочный координатор управляет нагрузкой энергоблока и давлением острого пара перед турбиной посредством параллельной выдачи сигналов регуляторам котла и турбины. Задание главному регулятору котла используется как сигнал упреждающего воздействия на регуляторы, управляющие расходом питательной воды, топлива и воздуха для улучшения отклика блока на изменения нагрузки. Задание главного регулятора турбины управляет регулируемыми клапанами турбины путем выдачи выходных аналоговых сигналов на органы управления турбины.

Для полноценного введения необходимо произвести обучение эксплуатационного персонала, произвести отладку режимов по блокам.

Технический аспект: Для повышения эффективности и экономичности работы блоков при изменении режима его работы.

Экономический аспект: Снижение расходов за счет исключения или понижения нерациональных потерь в процессе работы. Что позволяет произвести оценочный срок окупаемости внедрения данной системы который может составить от 3-7 лет в зависимости от объема снижения потерь.

2.2.16 Снижение расхода технической воды на гидрозолоудаление

Предлагается для экономии технической воды на всас насосов гидрозолоудаления подавать нагретую воду после конденсаторов турбины для уменьшения расхода в канал ГЗУ в зимнее время для исключения ее промерзания.

Так как к коллектору НГЗУ не подключены подогреватели и охладители, а вода подается только на сопла орошения и смыв, соответственно эту воду можно подогревать.

В качестве источника нагрева воды, подаваемой на НГЗУ предлагается использовать подогретую в конденсаторах турбины воду, для чего необходимо всас насосов НГЗУ подключенных к напорной линии циркуляционных насосов, подключить на водовод после конденсатора турбины.

В результате при заборе воды насосами НГЗУ из сбросного канала, температура воды может быть повышена до 13,5 °С, что позволит исключить опасность промерзания воды при кратности 8/1 и тем самым сократить расход технической воды на 40 % на один блок, а вместе с ним и сократить расход электроэнергии на привод насосов НГЗУ. После реализации мероприятия при переходе на меньший расход воды в холодное время необходимо произвести натурные испытания с целью подтверждения поддержания минимальной температуры на выходе из золопровода исключающее его промерзание.

Технический аспект: Однозначное повышение эффективности работы оборудования и экономия ресурса.

Экономический аспект: Снижение достигается за счет экономии ресурса и снижения объема затрат на его приобретение, что приводит к экономии топлива и электроэнергии. Оценочный срок окупаемости составляет 3-5 лет в зависимости от исходных затрат и стоимости приобретаемых ресурсов.

2.2.17 Потери конденсата в ТТЦ

На многих станциях в качестве растопочного топлива используется мазут марки 100, малосернистый (содержание серы до 3,5 %) и влажностью до 2 %.

Поступающий на станцию мазут подается в мазутное хозяйство, где перекачивается в мазутные баки для длительного хранения. Для поддержания мазута в готовности к сжиганию на котлах он находится в постоянной циркуляции с температурой примерно 80 °С. Подогрев циркулирующего мазута между мазутонасосной и главным корпусом осуществляется промышленным паром. Подогрев мазута, находящегося в ма-

зутном баке хранения, осуществляется в змеевиковом подогревателе мазута с номинальным расходом пара. Отработавший перегретый пар в подогревателях частично конденсируется, после чего направляется в расширитель выпар которого направлен в атмосферу, а образовавшийся конденсат сливается в канализацию.

Для повышения эффективности предлагается возвращать конденсат, образующийся от пара направляемый на мазутное хозяйство, для подогрева мазута.

Технический аспект: Повышение эффективности работы оборудования.

Экономический аспект: Снижение достигается за счет экономии ресурса на подпитку и водоподготовку, снижения объема затрат на его приобретение и оплату стоков, что в итоге сводится к экономии топлива. Оценочный срок окупаемости составляет 3-5 лет в зависимости от исходных затрат и стоимости приобретаемых ресурсов.

2.2.18 Очистка трубной поверхности конденсаторов турбин

Предлагается очистить трубную поверхность конденсатора турбины от отложений для повышения эффективности работы конденсатора турбины.

С целью повышения эффективности теплообмена в конденсаторе, предлагается более эффективный метод очистки внутренней поверхности трубок от твердых тяжело удаляемых отложений методом химической промывки. Данный метод более щадящий и предотвращает разрыв трубок в отличие от промывки высоконапорной установки.

Для организации химической промывки трубной поверхности конденсатора потребуется установка фланцевых разъемов на подводящие и отводящие водоводы циркуляционной воды (Рис. 2.2.18-1).

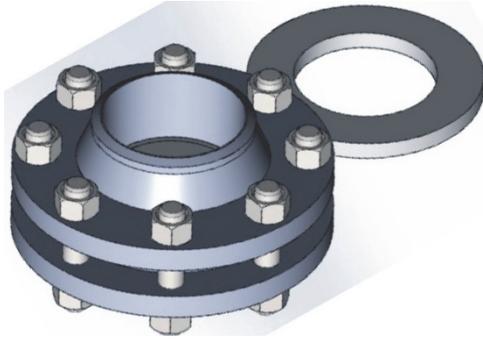


Рис. 2.2.18-1 Фланцевая заглушка.

В период нормальной работы между фланцами устанавливается дистанционная шайба с прокладками не создающая сопротивления движению воды. В период химической промывки конденсатора во фланцевый разъем устанавливается заглушка исключая любые виды утечки химического раствора за пределы водного пространства конденсатора.

После очистки внутренней поверхности трубок конденсатора, предлагается установить необслуживаемые акустические противонакипные устройства «Акустик-Т»¹⁵, уменьшающие скорость образования накипи.

Основной принцип работы, которых построен на интенсификации кристаллизации солей жесткости в толще воды и препятствии достижению кристаллами размеров, необходимых для образования осадка. Основным требованием успешного применения ультразвуковой технологии является предварительная очистка, насколько это возможно, от старого слоя накипных отложений. Данная технология позволяет увеличить срок между очередными очистками внутренней поверхности в 4 ÷ 5 раз.¹⁶

Технический аспект: Повышение эффективности работы оборудования.

¹⁵ Данный расчет выполнен по электронному учебному изданию «Теплообменники энергетических установок», Н.В. Лутова, Екатеринбург, УрФУ 2015. (<http://openedu.urfu.ru/files/book/index.html>).

¹⁶ АКУСТИЧЕСКИЕ ПРОТИВОНАКИПНЫЕ УСТРОЙСТВА. Андреев А.Г. и Панфиль П.А. ООО «Кольцо-энерго», г. Москва. <http://beznaikipi.com>.

Экономический аспект: Снижение достигается за счет повышения эффективности теплообмена в конденсаторе. Оценочный срок окупаемости составляет 3-5 лет в зависимости от исходных затрат.

2.2.19 Возврат чистого конденсата в основной цикл, с замещением сетевой воды на нефтеловушку конденсатом после подогревателей мазута

Для подогрева мазута, подаваемого на мазутные форсунки паровых котлов главного корпуса и паровых котлов ПОК подается пар на паровые спутники и подогреватели мазута, конструкция которых исключает попадание мазута в конденсат. Образующийся «чистый» конденсат подается в расширитель 1,5 м³ в котором выпар уходит в атмосферу, а конденсат собирается в емкость.

Пар, подаваемый на разогрев цистерн считается «грязным» и теряется безвозвратно. Пар после подогревателей мазута, работающих с давлением в корпусе 5,0 кгс/см² на выходе, получается конденсат вперемешку с влажным паром с высокой температурой. Для частичной утилизации этого тепла предлагается предварительно до расширителя направлять его в трубопровод подогрева нефтеловушки, который на сегодняшний день работает от тепловой сети. Пар, замещая сетевую воду отдаст часть своей теплоты, в результате чего его температура уменьшится.

Затем после нефтеловушки конденсат подается в расширитель, имеющий связь с атмосферой, в результате чего часть пара испаряется до момента, когда конденсат не достигнет температуры насыщения 98,8 °С за счет потери тепла на парообразования. При круглогодичном режиме работы конденсатопровод позволит вернуть в цикл определенный объем обессоленной воды с температурой до 98,8 °С, т.к. расширитель связан с воздухом, то определенный процент конденсата испарится в расширителе и потеряется в атмосфере унося часть тепла, вследствие чего температура конденсата умень-

шится до температуры насыщения соответствующая атмосферному давлению.

Технический аспект: Повышение эффективности работы оборудования.

Экономический аспект: Снижение достигается за счет экономии ресурса и снижения объема затрат на его приобретение, что приводит к экономии топлива и электроэнергии. Оценочный срок окупаемости составляет 3-5 лет в зависимости от исходных затрат и стоимости приобретаемых ресурсов.

2.2.20 Доведение тонины помола угля до нормативного значения

Пылеприготовительная установка предназначена для приготовления угольной пыли и подачи её в топку для сжигания. Топливо с бункера сырого угля при помощи питателя сырого угля (ПСУ) подаётся в мельницу (ММТ). Дозировка подачи угля в мельницу производится регулированием числа оборотов ПСУ и при помощи регулятора слоя, увеличивающего или уменьшающего слой топлива, сбрасываемого со стола в питатель. Подвод топлива в мельницу осуществляется по направлению вращения ротора, равномерно по длине ротора мельницы.

В мельнице, в местах прохода вала через корпус, установлены воздушные уплотнения, воздух на которые подаётся с воздуходувок. Горячий воздух к мельнице подаётся от вентилятора горячего дутья (ВГД), тангенциально к ротору, по всей длине вала. Поток воздуха транспортирует пыль и выносит её в переход, соединяющий мельницу с сепаратором. В качестве сепарирующего устройства установлены центробежные сепараторы.

Уголь от ПСУ по течке сырого угля направляется в ММТ. Частицы сырого угля разбиваются билами и ударяются о размольную плиту. При этом происходит дробление крупных кусков на более мелкие и одновременная сушка за счёт подачи горячего воздуха. Кусочки угля, которые не бы-

ли разбиты после первого удара, за счёт инерционного выступа на мельнице поступают снова на размольную плиту, где происходит их размол за счёт удара бил и стирания. Угольная пыль направляется потоком воздуха в шахту сепаратора, где резко меняет скорость за счёт увеличения объёма и величины открытия створок сепаратора.

Данные условия дают возможность наиболее крупной пыли отсепарироваться и по наклонам сепаратора вернуться в мельницу. Тонкая пыль направляется через створки сепаратора во внутренний конус, где за счёт резкого поворота происходит дополнительная сепарация пыли. Отсепарированная пыль возвращается с внутреннего конуса в мельницу, а готовая пыль направляется в раздаточную головку, откуда по трём пылепроводам.

Тонина помола пыли регулируется поворотными лопатками сепаратора и количеством воздуха, подаваемого в мельницу.

Фактическая величина потерь с механическим недожогом согласно отчетных данных, может значительно превышать нормативную величину потерь.

Основной величиной, влияющей на потери с неполнотой сгорания топлива, является величина содержания горючих в уносе, которая в свою очередь зависит от тонины помола и осушки топлива первичным воздухом.

Из годовых отчетных данных и режимных карт можно сделать вывод, что для повышения производительности ММТ величина тонина помола угля изменена в худшую сторону. Данный факт можно подтвердить отчетными данными за последние пять лет, где можно обнаружить более экономичный режим работы блоков, когда потери от неполноты сгорания угля были минимальными, чем в рассматриваемом году.

Доведение тонины угля до нормативной величины позволит существенно уменьшить расход угля, для чего необходимо выполнить обследование ММТ: проверить радиальные зазоры между билами и броней размольной камеры, а также проверить исправность и целостность лопаток, регулирующих тонкость помола угля. Дополнительным условием про-

верить правильную работу механизмов направляющего аппарата, обеспечивающего поворот всех лопастей на одинаковый угол. Настроить режим работы сепаратора на соответствующий режим работы.

Восстановление нормативной тонины помола угля предотвратит потерю и унос угля, что впоследствии даст экономию топлива при его последующем сжигании в котлах и позволит выработать электроэнергию в большем объеме.

Технический аспект: Повышение эффективности работы оборудования.

Экономический аспект: Снижение достигается за счет экономии угля и снижения объема затрат на его приобретение, что приводит к экономии и электроэнергии. Оценочный срок окупаемости составляет 3-5 лет в зависимости от текущего состояния оборудования и стоимости затрат на доработку процесса.

2.2.21 Входной контроль угля

На многих станциях в качестве основного топлива используется уголь. Поступающий на станцию в железнодорожных полувагонах уголь предварительно проходит взвешивание на железнодорожных весах типа, после подается на путь, где грейферным пробоотбирателем производится отбор проб угля из полувагонов на глубину до 0,25 м.

Далее вагоны подаются на вагоноопрокидыватели, откуда выгруженный в приемные бункера уголь ленточными питателями подается на ленточные конвейеры и далее подается на бункера сырого угля блоков или на угольный склад.

Приемка угля обычно осуществляется по накладным поставщика, при этом входного контроля качества угля на станции не имеется.

Согласно Правил технической эксплуатации станций и сетей № 247 от 30.03.2015 г.:

п. 256. При эксплуатации топливно-транспортного хозяйства обеспечиваются:

1) бесперебойная работа железнодорожного транспорта энергообъекта и механизированная разгрузка железнодорожных вагонов, цистерн, судов и других транспортных средств в установленные сроки;

2) приемка топлива от поставщиков и контроль его количества и качества;

3) механизированное складирование и хранение установленного запаса топлива при минимальных потерях;

п. 275. Отбор и обработка проб топлива, поступающего в котельную, осуществляются с применением автоматических пробоотборников и проборазделочных машин. Испытания установок по отбору и обработке проб топлива проводятся в каждом случае при внесении принципиальных изменений в конструкцию оборудования. Не реже 1 раза в год проверяется масса высекаемых порций угля.

Для чего предлагается организовать входной контроль качества поставляемого угля установкой пробоотборочной и проборазделочной машины на приводной станции ленточных конвейеров.

Предлагается установка автоматической пробоотборной линии, в которой отбор производится молотковым отбором. Ширина щербины отборочной посуды два раза больше фракции заданного угля – 150 мм, после отбора пробы уголь поступает в первую дробилку, из дробилки на конвейер отходов, где второй молотковый отбор использован как делитель. Выделенная проба поступает во вторую дробилку, из дробилки в посуду валовой пробы. После чего проба поступает в делитель и делится на четыре части для лаборатории и отходов.

Периодичность отбора и количество отбираемых проб осуществляется согласно межгосударственному стандарту ГОСТ ISO 13909-3-2008. Уголь каменный и кокс. Механический отбор проб. Часть 2. Уголь. Отбор проб из движущихся потоков. И требует уточнения в процессе наработки статистики отбора.

С увеличением зольности снижается калорийность угля и увеличивается расход угля на блок, примерно в той же про-

порции, и наоборот при снижении зольности увеличивается калорийность топлива и снижается расход угля на котел¹⁷.

Технический аспект: Организация входного контроля качества поступающего на станцию угля, способствует правильному расчету удельных показателей станции и претензионной работы с поставщиком.

Экономический аспект: Снижение достигается за счет экономии угля и снижения объема затрат на его приобретение, что приводит к экономии и электроэнергии. Оценочный срок окупаемости составляет 3-5 лет в зависимости от изменения стоимости нового оборудования и стоимости затрат на доработку процесса.

2.2.22 Установка железоотделителей на ленточный конвейер

Согласно Правил технической эксплуатации станций и сетей № 247 от 30.03.2015 г.:

271. Перед подачей топлива в дробилки и мельницы осуществляется механизированное удаление из него металла, щепы и других посторонних предметов. На работающем конвейере металлоуловители и щепоуловители постоянно включаются и сблокируются с ним.

Эксплуатация тракта топливоподдачи при неработающей системе металлоулавливания на энергообъектах, имеющих системы пылеприготовления с мелющими вентиляторами, среднеходными и молотковыми мельницами, не производится.

Система механизированного удаления уловленных посторонних предметов постоянно эксплуатируется.

На сегодняшний день, в топливно-транспортном цехе имеются только подвесные саморазгружающиеся железоотделители которые имеют значительный износ и старение изоляции, что требует его замены для более надежной работы.

¹⁷ «Котельные установки и парогенераторы» Тепловой расчет котлов, С.К. Карякин. Томский политехнический университет, 2010 г.

Для повышения надежности улавливания металла, поступающего вместе с топливом, предлагается установка саморазгружающихся подвесных и шкивных железоотделителей на приводную станцию ленточных конвейеров.



Рис. 2.2.22-1 Подвесной саморазгружающийся железоотделитель серии СМПА.

Реализация данного мероприятия позволит исключить вероятность попадания ферромагнитных включений в дробилки котлов, тем самым повысив надежность работы котлов и числа часов простоя вспомогательного оборудования.

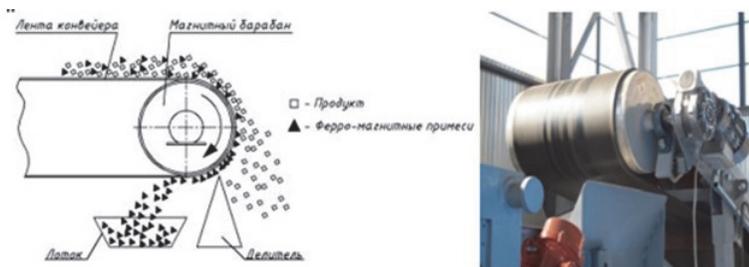


Рис. 2.2.22-2 Железоотделитель шкивного серии СМБ.

Технический аспект: Предлагается оснастить ленточные конвейера шкивными железоотделителями и заменить существующие изношенные подвесные самоочищающиеся железоотделители, с целью более качественного улавливания железа и недопущения попадания в мельницы.

Экономический аспект: Снижение достигается за счет повышения качества угля и снижения количества выходов из строя оборудования. Оценочный срок окупаемости составляет 5-7 лет в зависимости от изменения стоимости нового оборудования и стоимости затрат на доработку процесса.

2.2.23 Установка профильного ограждения на угольный склад

Предлагается угольный склад оградить профильным забором, для предотвращения ветрового уноса угольной пыли на этапе выгрузки, хранения и отгрузки.

Пыление со складов твердого топлива, возникающее при складировании, хранении и разборке штабелей, значительно увеличивается при усилении ветров, засухе и относится к неорганизованным выбросам, которые в непосредственной близости от ТЭС могут быть значительными, превышающими даже выбросы через дымовую трубу.

Наибольшая высота штабеля угля составляет 20 м, плотность угля 1 т/м³. В основном уголь подается с вагонов, посредством разгрузки в вагонопрокидывателях сразу в БСУ котлов. Для поддержания запаса угля часть угля выгружается на угольный склад в количестве и в случае, когда БСУ заполнены, уголь подается на угольный склад.

Предлагается согласно типовой инструкции по хранению углей для угольных складов с соблюдением требований пожарной безопасности и обеспечения необходимых проездов для пожарных машин установка профильного ограждения высотой до 20,5 м (на 0,5 м выше наибольшей точки гребня штабеля угля) выполненного в форме скошенного прямоугольника, охватывающего угольный склад с оставлением открытого пространства для движения техники и бульдозеров.

Технический аспект: Для сохранения угля от ветрового уноса необходимо оградить угольный склад профильным ограждением, частично проницаемая для потока ветра, поз-

воляющая снизить скорость ветра, исключая подхват частиц.

Экономический аспект: Снижение достигается за счет экономии угля и снижения объема затрат на его приобретение. Оценочный срок окупаемости составляет 7-10 лет в зависимости от изменения стоимости ограждения и стоимости затрат на монтажные работы.

2.2.24 Повышение эффективности работы водохранилища охладителя

Основной целью является повышение эффективности работы водохранилища-охладителя. Обеспечение охлаждающего эффекта водохранилища (при увеличении тепловой нагрузки на 25 % с вводом двух энергоблоков).

Предлагается устранить фильтрацию воды через существующую дамбу и удлинить отводящий канал, что позволит использовать больший объем воды озера для охлаждения циркуляционной воды при ее движении по большому кругу.

Для реализации выполняется реконструкция дренарующей дамбы и отводящего канала.

В варианте 1 – исключается фильтрация через существующую дамбу.

В варианте 2 - исключается фильтрация через существующую дамбу и удлиняется отводящий канал вправо от главного корпуса. Расширится активная зона водохранилища за счет разработки территории полуострова.

Технический аспект: Повышение эффективности работы водохранилища-охладителя.

Экономический аспект: Снижение достигается за счет увеличения использования большего объема воды озера для охлаждения циркуляционной воды, что приводит к экономии электроэнергии. Оценочный срок окупаемости составляет до 10 лет в зависимости от изменения схемы фильтрации и стоимости затрат на доработку процесса.

2.2.25 Защита водохранилища охладителя от испарения

Водоохранилище охладитель, вода которого используется в технологическом цикле направляемого в конденсаторы турбин должно иметь постоянный уровень воды. В условиях естественного нагрева происходит частичное испарение воды с поверхности водохранилища, в следствие чего уровень воды снижается.

Использовать черные пластиковые шарики для защиты поверхности воды от испарения придумал **доктор Брайан Уайти**. Принцип действия таков: размером шарики не больше яблока, их черный цвет эффективно отражает солнечные лучи, так, покрывая поверхность водоема, «теневые шарики» уменьшают процент испарения воды на 85–90 %.

Различные плавучие покрытия сразу были исключены, птицы бы легко на них приземлялись целыми стаями и за короткий срок могли бы привести его в поверхность к антисанитарному состоянию. Шарики со смещенным центром тяжести единственное верное решение. Они сами легко распределяются по поверхности водохранилища и исключают появление пернатых из-за своей неустойчивой поверхности и надежно предохраняют воду от солнечных лучей.

Так как шарики внутри состоят по большей части из воздуха, а нижняя полость заполнена водой, нагрев верхней поверхности не передается нижней, черные шары вопреки популярному мнению не способствуют интенсивному испарению водоема, даже препятствуют ему (по замерам, использование шаров снизило испарение на 80-90 %).

Нет света – нет и проблем с водорослями. Именно это и позволило сократить в разы добавление хлора, что тоже на качестве воды отразилось только в лучшую сторону.

Полые шарики из полимерных материалов (полиэтилена высокой плотности и полипропилена) применяются в добывающей промышленности, сельском хозяйстве, водоснабжении и водоочистке, химической промышленности, для покрытия поверхности прудов, водоемов, емкостей с целью

уменьшения испарения, снижения теплопотерь, защиты от птиц и насекомых.

Когда шарики помещаются в водоем, они распределяются по его поверхности и покрывают до 91% активной поверхности, тем самым обеспечивая эффективный теплоизоляционный барьер за счет своей полой структуры и низкого коэффициента теплопередачи, как воздуха, содержащегося внутри шариков, так и самого материала пластика.

Для реализации данного мероприятия на стадии разработки ТЭО необходимо выполнить оценку влияния на окружающую среду, для предупреждения формирования негативных факторов, влияющих на ОС.

Технический аспект: Защита от солнечного света препятствует росту водорослей, испарению и загрязнению воды.

Экономический аспект: Экономия достигается за счет снижения затрат на очистку воды в водохранилище, что приводит к экономии электроэнергии. Оценочный срок окупаемости составляет 10 лет в зависимости от изменения стоимости шариков и стоимости затрат на разработку нового процесса эксплуатации водохранилища.

2.2.26 Замена устаревших силовых трансформаторов на современные трансформаторы

Целью данного мероприятия является снижение потерь электроэнергии при ее транспортировке, повышение надежности работы оборудования, снижение рисков возникновения аварийной ситуации.

Старое оборудование повышает вероятность возникновения пожаров и взрывов этих трансформаторов, так как плохая герметизация, механические повреждения, наличие посторонних примесей в изоляционной среде и т. д., независимо от типа трансформатора, могут привести к короткому замыканию внутри него и, как следствие, к взрыву.

Кроме того, согласно результатам теоретических и экспериментальных исследований, в области электроэнергетики, выполненных сотрудниками Ивановского энергетического

института, МЭС Центра ОАО «ФСК ЕЭС», а также других вузов, научно-исследовательских, проектных и эксплуатационных организаций, сотрудничающих с ИГЭУ и МЭС Центра, при превышении нормативного срока службы трансформатора существенно снижаются его технические характеристики. Анализ значений потерь холостого хода показал, что для трансформаторов со сроком службы до 20 лет в качестве обобщенных характеристик допустимо принимать значения потерь холостого хода равным паспортным значениям. Для трансформаторов со сроком службы более 20 лет потери холостого хода возрастают в среднем с интенсивностью 1,75% (от паспортного значения) в год.¹⁸

Технический аспект: Замена трансформаторов позволит избежать выхода из строя имеющихся трансформаторов, создания аварийных ситуаций, снизить нерациональный расход электроэнергии. Снижение потерь электроэнергии в трансформаторе, обусловленные потерями активной мощности (потерями холостого хода и нагрузочными потерями) и потерями активной мощности в зависимости от реактивной мощности.

Экономический аспект: Снижение затрат на собственные нужды. Экономически не целесообразно проводить реконструкцию подстанций младше 10 лет эксплуатации.

2.2.27 Реконструкция гидроагрегатов с заменой гидрогенераторов и рабочих колес

Целью данного мероприятия является повышение выработки электрической энергии станцией. Если в настоящее время на предприятии используются устаревшие турбины, эксплуатируемые свыше 30 лет. То необходимо произвести реконструкцию гидроагрегатов с заменой генераторов, заменой электромашинных систем возбуждения на тиристорные, монтажом систем автоматического управления блоками. Так же на каждом гидроагрегате можно заменить рабочее колесо

¹⁸ «Повышение эффективности работы энергосистем» ред.: д.т.н., профессор В. А. Шуина, д.т.н., профессор М. Ш. Мисриханова, д.т.н., профессор А. В. Мошкарина.

гидротурбинного оборудования с улучшенными гидродинамическими характеристиками и увеличенной производительностью. Увеличение мощности гидроагрегатов позволит с большей эффективностью использовать водный ресурс реки, а, следовательно, при тех же затратах, увеличить объем вырабатываемой электроэнергии.

Технический аспект: Проведение работ по реконструкции гидроагрегата позволит увеличить величину вырабатываемой мощности, не выводя машину в режим с более низким КПД.

Экономический аспект: Главным требованием при реконструкции и замене оборудования является требование к применению высокоэффективных технологий, обеспечивающих снижение потерь до уровня рентабельности. Экономия получается за счет повышения выработки электрической энергии станцией. Оценочный срок окупаемости составляет 15 лет в зависимости от изменения стоимости оборудования и затрат на реконструкцию.

2.2.28 Установка устройств плавного пуска с функцией энергосбережения на двигатели масловинтовых насосов

Снижение электропотребления масловинтовых насосов, повышение надежности работы, снижение эксплуатационных затрат на ремонт оборудования. Для определения режима работы насоса необходимо снять данные профиля нагрузки.

Режим работы насоса повторно-кратковременный. Электродвигатель насоса вводится в работу посредством прямого пуска, то есть электродвигатель включается прямым подключением к источнику питания при номинальном напряжении. Как известно, во время пуска крутящий момент достигает порядка 150-200%, он ускоряет нагрузку до достижения полной скорости вращения за доли секунды, что может привести к выходу из строя кинематической цепи привода. В то же самое время стартовый ток может быть в 5-7 раз больше номинального, порождая проблемы со стабильностью питания и повышенным износом электрической части оборудования.

Когда двигатель работает с пониженной нагрузкой, его коэффициент полезного действия (КПД) падает вследствие того, что создаваемый магнитный поток слишком велик по отношению к магнитному потоку, достаточному для создания вращающего момента, необходимого для преодоления момента нагрузки. Возрастает доля потребления реактивной мощности и, как следствие, снижается коэффициент мощности.

С целью повышения надежности работы насосного агрегата, снижения эксплуатационных затрат на ремонт оборудования и снижения электропотребления предлагается установить устройство плавного пуска с функцией энергосбережения предназначены для плавного пуска и останова асинхронных электродвигателей.

Технический аспект: Устройство обеспечивает плавный пуск электродвигателя с последующей оптимизацией его работы в зависимости от нагрузки, что позволяет снизить энергопотребление, вибронегруженность приводимого двигателя и оборудования в целом, нагрев двигателя, уровень

шума. В итоге значительно повышаются потребительские качества и надежность совместно используемых электродвигателей и механизмов.

Экономический аспект: Экономия получается за счет снижения затрат на собственные нужды. Увеличение эксплуатационного ресурса оборудования за счет снижения пусковых токов и, как следствие, снижение износа электрической части электродвигателя. Оценочный срок окупаемости составляет до 5 лет в зависимости от изменения стоимости оборудования и затрат на установку.

2.2.29 Конструктивное изменение стальных шпилек шинодержателей

Все проводники при прохождении по ним электрического тока нагреваются и отдают тепло окружающей среде (воздуху, жидкости, твердому телу). Конструктивно проводники тока (в нашем случае шинопроводы) крепятся к опорным изоляторам с целью их фиксации. В конструкциях шинодержателей применены шпильки, изготовленные из стали.

При работе генератора, вследствие воздействия на стальные элементы шинодержателей электромагнитных полей, образующихся вокруг токопровода, шпильки нагреваются возникающими в них процессами перемагничивания и токами Фуко. Причём, результирующий нагрев этих элементов пропорционален силе тока, протекающей по токопроводу. Если в шинопровод с числом витков $w=1$ подать переменный ток и поместить вокруг него стальной предмет (элемент крепления), то он будет пересекаться магнитным потоком и в нем будет наводиться э. д. с. Практически эту систему можно рассматривать, как трансформатор, где первичными витками надо считать шинопровод, а вторичным - находящийся вокруг него стальной предмет. В этом вторичном витке под действием наведенной э. д. с. возникнут токи, и металлический предмет, обтекаемый этими токами, будет нагреваться. Перемагничивание стали связано с потерями на гистерезис. Эта энергия идет на преодоление остаточного магнетизма. В

процентном отношении энергия гистерезисных потерь невелика и проявляется при нагреве лишь до потери магнитных свойств стали. Изменяющийся магнитный поток, проходящий через шпильки, планки - элемента крепления, наводит в ней электродвижущую силу, обуславливающую так называемые вихревые токи. Эти токи циркулируют в металле и нагревают его. Процесс нагрева стальных элементов конструкции (шпилек, планки) является ничем иным, как отбором мощности от токопровода. По сути дела, вокруг токопровода имеется короткозамкнутый виток, в котором индуцируется ЭДС, возникает электрический ток. Другими словами - это потери мощности в электрических цепях. Своевременное выявление «дефектов» позволяет снизить потери электроэнергии.

Для устранения дополнительных потерь электроэнергии в креплениях электросетевого оборудования необходимо периодически производить контроль состояния с помощью портативной инфракрасной камеры (тепловизора). Данный прибор позволяет своевременно и безопасно выявлять многие неисправности задолго до развития аварийной ситуации, в том числе и бесполезную трату электроэнергии.

Суть реконструкции состоит в установке изолирующей прокладки, либо полной замены верхней стальной планки на планку из изоляционного материала. Это позволит исключить образование короткозамкнутого витка вокруг токоведущей шины, образованного стальными элементами шинодержателя. В качестве изолирующего материала предлагается применить стеклотекстолит.

Технический аспект: Снижение технических потерь электроэнергии при ее транспортировке по шинопроводам.

Экономический аспект: Экономия достигается за счет снижения затрат на собственные нужды. Мероприятие является организационно-техническим, и устранение неисправностей реализуется силами собственного персонала.

2.2.30 Поддержание майны водоспускной плотины (ВСП)

Бычки водосливной плотины ГЭС рассчитаны на восприятие давления от сплошного ледяного покрова на 1 п/м фронта сооружения 60 тонн. Затворы водосливной плотины на восприятие давления от водяного поля не предназначались и не рассчитывались. Поэтому в течение зимы перед ними необходимо постоянно поддерживать полынью (майну).

Первоначально при пуске в работу электростанции, с целью устранения примерзания щитов (затворов) к пазам и порогу, предусматривался электропрогрев затворов и пазов. Обогрев осуществлялся включением электрических печей внутри шатровой деревянной обшивки безнапорной стороны затвора. Когда необходимость в обогреве всех щитов ВСП отпадает, но майны нужно поддерживать во всех пролетах.

Для этой цели на щитах ВСП смонтирована система воздухообдува щитов. Метод воздухообдува достаточно эффективен, описан в технической литературе и, применяется на многих электростанциях с открытым водосбросом. Сущность метода заключается в том, что с помощью системы воздухопроводов осуществляется подача сжатого воздуха с порога щитов на поверхность ВБ непосредственно у напорной грани щитов ВСП. Пузырьки воздуха, обладая подъемной силой, движутся к поверхности и увлекают за собой массы более теплой придонной воды, которая, отдавая свое тепло, препятствует ледообразованию или способствует растоплению льда. Этот метод называют методом «аэрации водоема». Используется тепло глубинных вод.

Результаты натурных исследований по созданию майн именно в таких условиях показывают, что барботажные установки будут эффективны при расходах воздуха, характерных для пневматических волноломов, когда с их помощью можно будет взламывать лед толщиной не менее 10 см и создавать поверхностные течения воды со скоростями не менее 0,6 метров в секунду. Этот способ особенно эффективен для глубоких пресных водоемов. При этом благодаря «поршневному эффекту» образуется восходящий поток. По мере ра-

боты пневмоустановки возникают полузамкнутые циркуляционные течения, которые можно разделить на три основные области: поверхностные горизонтальные течения; вертикальный восходящий водо-воздушный поток; возвратные течения, подтекающие к месту выпуска сжатого воздуха.

Представления об образовании, направлении и скорости этих течений имеют особо важное значение при выборе размеров, типа барботера пневмоустановки в конкретных гидрологических и морфологических условиях.

Важно так разместить барботер, чтобы в циркуляционном течении при его работе принимал участие весь объем теплой воды.

Максимального значения скорость поверхностного течения достигает на расстоянии $(0,3... 1,0) H$ от места выхода воздуха на поверхность водоема, (H — глубина погружения барботера). При работе барботера вблизи стенки скорость поверхностного течения увеличивается приблизительно в 1,3 раза.

Поскольку пневматическая сеть уже существует и используется многими другими потребителями, отказываться от нее не стоит. Можно значительно сократить расход сжатого воздуха путем некоторой модернизации барботажа, применяя импульсный способ подачи сжатого воздуха в воду. Воздух подается в барботер, оборудованный специальным накопителем, и при накоплении критического объема воздуха выпускается в воду порциями. Импульсный способ обеспечивает подачу воздуха в воду в виде пузырей большого объема. С увеличением объема пузыря увеличивается скорость его подъема. Пузырь стремится приобрести форму опрокинутого блюдца с большой горизонтальной осью, что приводит к увеличению расхода воды, которая увлекается каждым отдельным пузырем. Преимущество импульсного способа заключается также и в том, что стремление повысить производительность барботера увеличением удельного расхода воздуха не приводит к срыву пузырькового режима течения в вертикальном восходящем потоке, как это может произойти при работе барботера непрерывного действия, когда воздух истекает через толщу воды, не перемешиваясь с ней. При

этом расход увлекаемой воды и эффективность работы установки резко сокращаются. Барботеры с импульсной подачей воздуха в основном применяются в качестве волногасителей. Но возможно одновременное эффективное их использование и для растопления льда. Эффективность работы импульсных барботеров объясняется еще и тем, что большим пузырем воздуха одновременно выталкивается на поверхность большой объем воды в виде бугра со значительным гидравлическим уклоном, чем в конечном итоге и достигается увеличение начальной скорости и дальности действия созданного поверхностного потока. Это преимущество является основанием для применения барботеров с импульсной подачей сжатого воздуха. Предлагается изготовить по одному устройству для каждого бокса ВСП.

Пневматическая система с гидравлическими импульсными клапанами-накопителями (пат. 805789 Великобритания, 1.075.507 ФРГ и 1.179.893 Франция) состоит из опрокинутого вверх дном резервуара, в центре которого концентрично расположены две трубы, представляющие собой гидравлический затвор. Поступающий из раздаточного трубопровода сжатый воздух заполняет резервуар, вытесняя воду. При достижении определенного уровня воздух мгновенно прорывается в центральную выхлопную трубу, дробится защитной сеткой на отдельные пузыри и создает мощный восходящий воздушно-водяной поток. По результатам испытаний в Канаде одиночный импульсный барботер подобного типа показал высокую эффективность при незначительном расходе воздуха.

Технический аспект: Повышение эффективности работы оборудования при выработке воздуха компрессорами низкого давления.

Экономический аспект: Экономия достигается за счет снижения затрат на собственные нужды. Мероприятие является организационно-техническим и для оценки потенциала требует детального обследования.

2.2.31 Замена воздушных выключателей на элегазовые выключатели-разъединители

В настоящее время функционирование полуторной схемы на многих ГЭС осуществляется за счет воздушных выключателей типа ВВБ-220 кВ.

В воздушных выключателях гашение дуги происходит сжатым воздухом, а изоляция токоведущих частей и дугогасительного устройства осуществляется фарфором или другими твердыми изолирующими материалами.

Воздушные выключатели имеют следующие достоинства: взрыво- и пожаробезопасность, быстроедействие и возможность осуществления быстрогодействующего АПВ, высокую отключающую способность, надежное отключение емкостных токов линий, малый износ дугогасительных контактов, легкий доступ к дугогасительным камерам, возможность создания серий из крупных узлов, пригодность для наружной и внутренней установки.

Недостатками воздушных выключателей являются: необходимость компрессорной установки, сложная конструкция ряда деталей и узлов, относительно высокая стоимость, трудность установки встроенных трансформаторов тока.

Воздушные выключатели ВВБ-220 кВ сняты с производства. Из-за прекращения выпуска устаревшего оборудования отсутствуют запасные части для их ремонта. Превышен нормативный срок службы трансформаторов тока, трансформаторов напряжения, разъединителей и разрядников 220 кВ.

С целью повышения экономичности работы существующей полуторной схемы и сохранения при этом ее технического преимущества предлагается заменить воздушные выключатели элегазовыми выключателями-разъединителями.

Элегазовые колонковые выключатели-разъединители, трансформаторы тока и напряжения, разъединители и ограничители перенапряжений 220 кВ в пределах каждой ячейки устанавливаются на месте существующего демонтируемого оборудования. Расширение распределительного устройства, а также перенос другого коммутационного оборудования не

требуется, что является, помимо прочего, большим преимуществом данного вида реконструкции.

При замене высоковольтных воздушных выключателей на элегазовые выключатели 220 кВ компании АBB комбинированного типа DCB-HPL 245 В1 с одним заземляющим ножом на номинальный ток 2000 А, который совмещает в себе выключатель и разъединитель. Данное решение позволит станции существенно уменьшить расходы на обслуживание на оборудование ОРУ-220 кВ, увеличит надежность работы ОРУ-220 кВ за счет исключения из схемы ОРУ контактных соединений и уменьшит возможность ошибок оперативного персонала.

За счет применения в предлагаемых выключателях газовой смеси элегаза (SF₆), позволяющей работать выключателям при низкой температуре до минус 45°С, нет необходимости в обогреве выключателей в зимний период, то есть отсутствует потребление электроэнергии по сравнению с существующими выключателями ВВБ-220 с электрическим обогревом баков.

Также в отличие от воздушных выключателей элегазовые выключатели DCB-HPL 245 В1 не требуют наличия системы воздухоприготовления, что повышает энергоэффективность вспомогательного оборудования ОРУ-220 кВ за счет снижения расходов электроэнергии на собственные нужды (компрессоров, систем освещения и отопления компрессорной и ресиверной). В то же время повышается экологичность оборудования за счет исключения использования в применяемом оборудовании трансформаторного масла, представляющего угрозу экологии в случае попадания в окружающую среду.

Технический аспект: Повышение экономичности работы существующей полуторной схемы и сохранения при этом ее технического преимущества.

Экономический аспект: Снижение электропотребления на собственные нужды подстанции за счет отказа от компрессоров, систем освещения, отопления компрессорной и ресиверной, а также за счет отказа от системы обогрева вы-

ключателей. Оценочный срок окупаемости до 5 лет, в зависимости от изменения стоимости нового оборудования.

2.2.32 Снижение технических потерь электроэнергии за счёт применения электропроводящей смазки для контактов

Все проводники при прохождении по ним электрического тока нагреваются и отдают тепло окружающей среде (воздуху, жидкости, твердому телу). Температура проводника будет повышаться до тех пор, пока количество тепла, получаемое проводником, не станет равным количеству тепла, отдаваемому проводником окружающей среде. При этом температура достигнет установившегося значения. При работе электрических машин, трансформаторов, аппаратов и другого оборудования возникают потери энергии, превращающиеся, в конечном счете, в повышение температуры обмоток, активной стали, контактных соединений, конструктивных деталей и одновременно окружающей среды. Нагревание оборудования ограничивает его возможную мощность и является главной причиной старения изоляции. Наиболее массовым объектом теплового контроля в электроустановках являются контактные соединения в открытых и закрытых распределительных устройствах.

Своевременное выявление дефектов позволяет предотвратить аварийные ситуации и подобрать наиболее оптимальные режимы работы электрооборудования.

Для устранения дополнительных потерь электроэнергии на переходных сопротивлениях контактов электросетевого оборудования рекомендуется периодически производить контроль состояния с помощью портативной инфракрасной камеры (тепловизора). Данный прибор позволяет своевременно и безопасно выявлять превышение температурного режима и своевременно устранять данный дефект или неоптимальный режим работы оборудования (неравномерность распределения нагрузки по фазам, кабелям, перегрузка дви-

гателя, трансформатора и т.п.) до возникновения аварийной ситуации.

Выделение избыточного тепла в контактном соединении происходит вследствие появления дополнительного переходного сопротивления контакта.

Аварийные повреждения, часто сопровождающиеся разрушением оборудования, приводят к нарушению электропитания и большому экономическому ущербу у потребителя. Тепловизионная диагностика позволяет производить оценку технического и теплового состояния эксплуатируемого оборудования в процессе его работы без отключения и выявлять многие дефекты на ранних стадиях их развития, приблизительно за 8 - 12 месяцев до повреждения оборудования.

По превышению измеренной температуры контролируемого узла над температурой аналогичных узлов, находящихся в одинаковых условиях, можно рассчитать расход энергии, затрачиваемой на нагрев узла свыше нормальной температуры и отдаваемой в окружающую среду.

При выявлении дефектов контактных соединений и потерь электроэнергии можно применить универсальную высокоэлектропроводящую смазку (УВС) с восстановлением качества контактных соединений.

Применение смазки УВС - один из самых простых и эффективных способов решения проблем без изменения конструкции оборудования и частой замены контактов. Она может использоваться в контактах постоянного и переменного тока, в разборных, неподвижных, подвижных и скользящих электрических контактах. Величина рабочего тока и напряжения не регламентируется. Эффективность защиты контактов достигается за счет значительного уменьшения переходного контактного сопротивления. Специальные смазки УВС обладают следующими основными преимуществами:

- эффективная активная антикоррозийная защита электрических контактов от большинства агрессивных аэрозолей, газов, пыли, влаги;
- консервация металлических поверхностей;

- применение в разборных электрических контактах из любых металлов и в любых их сочетаниях в сетях постоянного и переменного тока (с частотой до радиочастот);
- величина рабочего тока и напряжения не регламентируется;
- снижение переходного контактного сопротивления электрических контактов;
- снижение затрат на ремонт и эксплуатацию электрических сетей.

Технический аспект: Предотвращение аварийных ситуаций и подбор наиболее оптимальных режимов работы электрооборудования.

Экономический аспект: Снижение электропотребления на собственные нужды за счет исключения или уменьшения потерь. Оценочный срок окупаемости до 3 лет, в зависимости от изменения стоимости выбранной смазки.

2.3 Экономические аспекты реализации наилучших доступных технологий в энергетике

Важным аспектом при реализации мероприятий по модернизации и реконструкции оборудования и процессов является проведение сравнительного анализа между инвестиционными затратами и ежегодными затратами по итогам внедрения. По факту высокие инвестиционные вложения могут привести к двум факторам, к значительному снижению эксплуатационных затрат или повышению расходов по данной статье, что может сказаться на принятии решения о вложении инвестиций.

Прогнозируемый расчет ежегодных инвестиционных и эксплуатационных затрат значительно может отличаться от фактических. Множество факторов могут оказывать влияние, такие как изменение объема потребления ресурсов, изменение стоимости приобретаемых ресурсов, изменение стоимо-

сти приобретаемого оборудования и материалов для реализации мероприятий.

2.4 Перспективные технологии в энергетике

В Казахстане вопросы энергосбережения и повышения энергетической эффективности являются приоритетной задачей не только в различных отраслях промышленности, но и в целом по стране. Вопросы энергосбережения и повышения энергоэффективности тесно переплетены с решением проблемных вопросов в других сферах деятельности, энергетической, экологической, социальной, экономической и т.д.

Основными причинами, вызывающими высокую энергоёмкость в промышленности и сдерживающими проведение энергосберегающей политики, являются:

- значительный физический и моральный износ энергетического оборудования и сетей;
- высокие потери при передаче и потреблении тепловой и электрической энергии и воды, высокий расход первичных энергоресурсов;
- ограниченность финансовых средств для внедрения энергосберегающих технологий, повсеместной установки приборов учета энергоресурсов.

На сегодняшний день существуют множество технологий повышения эффективности угольных станций. В данном разделе будут рассмотрены два основных направления повышения эффективности: утилизация, переработка золошлаковых отходов и применение биомассы в качестве источника энергии, ультразвуковая очистка от накипи.

2.4.1 Переработка золошлаковых отходов

Ежегодное количество образуемых отходов в развитых странах составляет до 15 тонн на человека в год, в странах с сырьевой экономикой до 50-100 тонн, в Казахстане - около 60 тонн. Основная доля отходов в РК приходится на промышленные области и представлена вскрышными породами

горнодобывающей отрасли, хвостами обогащения, золошлаковыми отходами (ЗШО).

В Казахстане в настоящее время работают 32 тепловые электростанции на твердом топливе. Основными техногенными отходами ТЭС и ГРЭС являются золошлаки и дымовые газы. Выход золошлаковых отходов зависит от вида топлива и составляет для бурых углей 10-15 %, каменных 30-40 %. В РК ежегодный выход золы и золошлаковых смесей при сжигании углей составляет около 19 млн. тонн, а в золоотвалах к настоящему времени накоплено более 400 млн. тонн отходов. Используется и перерабатывается при этом не более 1 млн. тонн в год.

Серьезную проблему вблизи ТЭС представляет складирование золы и шлаков. Для этого требуются значительные территории, которые долгое время не используются, а также являются очагами накопления тяжелых металлов. Угольные золоотвалы также оказывают значительное влияние на природно-территориальные комплексы (ПТК). Их воздействие осуществляется через рассеивание золы ветром, фильтрацию вод сквозь стенки и дно золоотвалов, а также в результате предусмотренных сбросов осветленных вод, частичный сброс которых происходит при мокром золоудалении. Кроме влияния на ПТК, пылящие золоотвалы ухудшают гигиеническую обстановку на прилегающих территориях, уменьшают производственный ресурс машин, механизмов, а иногда – и сельскохозяйственных угодий.

Сжигаемые угли, являясь природными сорбентами, содержат примеси многих ценных элементов, включая редкоземельные и драгметаллы. При сжигании их содержание в золе возрастает в 5-6 раз и может представлять промышленный интерес.

Однако это не решает проблему полной утилизации всех отходов, поскольку после извлечения из них данных продуктов снова образуются огромные количества переработанных отвалов. Широкое применение этих отходов для производства строительных материалов — цемента, силикатных материалов, бетонов различного назначения, стеновой керамики, пористых заполнителей, волокнистых материалов и других

даст большой эффект, так как позволит полностью ликвидировать золошлакоотвалы.

Известно более 300 технологий переработки и применения ЗШО. Золошлаковые отходы угольных ТЭС являются качественным и дешевым минеральным сырьем. Они могут быть широко использованы в строительстве и производстве строительных материалов. При этом использование ЗШО снижает себестоимость производства основных строительных материалов (таких как цемент, сухие строительные смеси, бетон, строительные растворы, стеновые бетонные и пенобетонные блоки, кирпич, тротуарная плитка, элементы благоустройства) самое меньшее на 15-20 %. ЗШО могут использоваться в сельском хозяйстве, при извлечении природных ресурсов, в качестве изолирующего материала на полигонах твердых бытовых отходов, для тушения скрытых очагов площадных пожаров и заполнения горнорудных выработок при рекультивации отработанных карьеров.

Зола ТЭС содержит компоненты, обладающие уникальными технологическими свойствами, позволяющими эффективно использовать их во многих современных технологиях. К таким компонентам относятся алюмосиликатные и магнитные микросферы, а также несгоревшие угольные частицы.

Очевидно, вовлечение в хозяйственный оборот Экибастузских золошлаковых материалов приведет к значительному экономическому эффекту. Экономический эффект включает следующие составляющие: использование более дешевых сырьевых ресурсов, уменьшение изъятия природных ресурсов в регионе, уменьшение издержек на размещение отходов производства, повышение качества и надежности продукции, применение более эффективных технико-экономических решений. Таким образом, использование и, особенно, глубокая переработка золы Экибастузских ТЭС позволит расширить перечень высокотехнологичной продукции, выпускаемой в регионе, и приведет к значительному эколого-экономическому эффекту.

Прибыль от снижения расходов на собственные нужды станций, связанных со складированием ЗШО в золоотвалах (экологические платежи, эксплуатационные затраты) за счет

отгрузки многопредельных золошлакопродуктов потребителям – 1500-2000 тенге за 1 т.

В случае создания модульного перерабатывающего ЗШО завода можно получать следующие сухие золошлакопродукты высокой потребительской стоимости:

- мелкодисперсный песок на основе рассева золы из форкамер и мелко, средне-, крупнозернистый песок, много фракционный щебень на основе дробленого шлака;
- сухие строительные и бетонные смеси различного назначения;
- удобрения для сельского хозяйства и раскислители кислых почв на основе высоко кальциевых зол углей;
- подстилающие сухие подсыпки под покрытия автодорог из монолитного бетона из высоко кальциевых зол, обладающих гидратационной теплоемкостью и изготовление одноразовых нагревателей различного назначения для бытовых, производственных нужд и МЧС;
- золыная микросфера многоцелевого использования.

Также возможно применение других технологий для утилизации золошлаков - систему «плотной золы» Circumix (DSS).

В отличие от традиционной системы удаления золы, технология DSS опирается на пуццолановые реакции между компонентами летучей золы и воды. Взвесь образует в конечном итоге твердое, цементно-подобное вещество. Вода и зола смешивается в соотношении 1:1, что значительно снижает потребление воды.

Как и в случае с цементом, который используется для строительства, для DSS важно правильное смешивание и тщательный контроль соотношения воды-зола. При правильном смешивании суспензия имеет высокую гомогенность, что обеспечивает идеальные физические характеристики (высокую прочность и низкую гидравлическую проводимость) для окончательного затвердевшего продукта.

В системе Circuitix смеситель принимает летучую золу и комбинирует ее с достаточным количеством воды в примерном соотношении 1:1. Вместо того, чтобы использовать механическое перемешивание, он опирается на гидродинамическое перемешивание внутри смесителя с использованием центробежных насосов. После смешивания плотная суспензия закачивается на золоотвал для захоронения. В дополнение к летучей золе, другие твердые остатки смешивают в суспензию, в том числе и зольный остаток, грубая зола из экономайзеров и воздухонагревателей, а также гипс после системы DSS.



Рис. 2.4.1-1 Фото системы удаления золы DSS

Зола в специальные смесители поступает сверху, где происходит гидродинамическое перемешивание с водой с использованием центробежных насосов.



Рис. 2.4.1-2 Смешивание золы в смесителе

Зола и вода предварительно смешивается и направляется в смесительный резервуар ниже.

В смесительном баке суспензия перемешивается с водой с использованием центробежных насосов, а не с помощью механического перемешивания.



Рис. 2.4.1-3 Смешивание суспензии после выхода из смесительного бака.

В дополнение к летучей золе, другие твердые остатки смешивают в суспензию после того, как зола выходит из смесительного бака. К ним относятся зольный остаток, грубая зола из экономайзеров и воздухонагревателей, а также гипс после системы DSS.



Рис. 2.4.1-4 Перекачка суспензии на золоотвал

Суспензию перекачивают из здания смесителя (слева вверху, за синими баками) через территорию электростанции по трубопроводам на переднем плане на золоотвал.



Рис. 2.4.1-5 Слив суспензии на золоотвал.

Тщательное смешивание и контроль соотношения пропорций требуется для надёжной транспортировки.



Рис. 2.4.1-6 Золоотвал

В конечном счете суспензия образует твердое вещество. Примерно треть используемой воды стекает в нижнюю часть золоотвала как выщелачивание. Оставшаяся часть связана с золой или в дальнейшем испаряется.

Каждый слой золы после затвердевания покрывают грави-ем.



Рис. 2.4.1-7 Ярусы золоотвала.

Каждый слой образует свой ярус на золоотвале, и затвердевшая зола используется для подготовки следующего уровня выше.

2.4.2 Применение биомассы в качестве топлива

Лидером в Европе по энергетическому использованию биомассы и в том числе пеллет являются страны Скандинавии. Государственные субсидии при поставке «зеленой энергии» и высокие налоги на ископаемое топливо обуславливают все возрастающие объемы использования биомассы.

Датский оператор Dong Energy эксплуатирует в пригороде г. Копенгагена ТЭЦ Avedore с двумя энергоблоками по 850 МВт. В топках котлов станции сжигают и каменный уголь, и биомассу. На одном из энергоблоков (№ 1) в качестве топлива используется только уголь, но планируется его модернизация, которая позволит сжигать в топках его котлов и биомассу. Блок № 2 на ТЭЦ Avedore введен в эксплуатацию в 2001 году. В отличие от блока № 1 он может использовать в качестве топлива газ, нефть и биотопливо, например,

тюкованную солому и древесные пеллеты. Блок потребляет 400 тыс. т пеллет в год. На блоке № 2 установлено два котла фирмы BWE (Burmeister & Wain Energy A/S). В одном сжигается солома, в другом – газ, нефть и пеллеты. Произведенный на этих двух котлах пар, приводит в действие турбину. Кроме того, на ТЭЦ для покрытия пиков спроса электроэнергии установлена дополнительно газовая турбина. Отводимое от турбины тепло используется для предварительного подогрева теплоносителя (воды) для котлов энергоблока. При полной нагрузке оборудования в час сжигается 25 т соломы, которая поставляется на ТЭЦ местными фермерами. Энергоблок Avedore 2, мощность которого достигает 800 МВт тепловой и 585 МВт электрической энергии в год, является сегодня крупнейшей ТЭЦ в мире, которая кроме ископаемого топлива использует пеллеты и другую биомассу. Датское правительство субсидирует станцию, оплачивая подачу «зеленой энергии». Владелец станции получает субсидию в размере 6 евро центов за каждый киловатт час энергии. На основании того, что Dong Energy и Vattenfall (шведский энергоконцерн) объявили о планах увеличения использования биомассы на своих ТЭЦ, эксперты прогнозируют рост датского рынка пеллет в энергетике в два раза в течение ближайших пяти лет.

В бельгийском городе Авирсе энергетический концерн Electrabel в 2005 году первым в мире переоборудовал все котельные ТЭЦ, в которых ранее сжигался уголь, для сжигания пеллет. 1200 т пеллет ежедневно поставляются на ТЭЦ на речных судах по реке Маас из г. Антверпена. Пеллеты производятся в канадской провинции Британская Колумбия, также поступают отдельные партии из Германии, России, стран Балтии, из Финляндии и Швеции.

Согласно законодательству по использованию «зеленого электричества» в Бельгии, национальные компании обязаны предъявлять доказательства того, что потребители в каждом регионе страны получают фиксированную долю энергии, полученной из возобновляемых источников. В связи с этим совместное сжигание угля и биомассы становится все более и более популярным.

На ТЭС в г. Роденхойте объемы потребляемого топлива распределяются так: 40 % гранул и 60 % угля. Кроме пеллет Electrabel на всех станциях, работающих на биомассе, использует оливковый жмых, древесную стружку и ил. Рыночную конкуренцию Electrabel составляет еще один европейский энергогигант – E.ON Benelux. Он планирует построить новую ТЭЦ на каменном угле непосредственно в антверпенской гавани. С 2014 года она должна будет вырабатывать 1100 МВт*ч электроэнергии. Планируется в топках котлов станции совместно сжигать и биомассу.

Как и многие европейские индустриальные государства, Нидерланды потребляют все больше электроэнергии. После того как в 2005 году в национальном энергетическом отчете была констатирована нехватка электроэнергии, пять энергокомпаний страны представили планы строительства новых ТЭЦ на каменном угле. С 2002 года в стране существует компенсация за подачу в сеть электроэнергии, выработанной из возобновляемых источников, т. е. «зеленой энергии». В Нидерландах, так же, как и в соседней Бельгии выработка электроэнергии и тепла путем когенерации на крупных угольных станциях с процентной долей совместно сжигаемой биомассы субсидируется государством.

Amercentrale (Essent's Amer Power Plant) – тепловая электростанция голландского энергетического концерна Essent в муниципалитете Гертруйденберг. Электростанция носит название реки Амер, на левом берегу которой она и находится. Блок № 1 Amercentrale начал вырабатывать электроэнергию в 1952 году. Сегодня на ТЭЦ используется технология совместного сжигания угля и биомассы (в основном, древесных пеллет).

Электростанция состоит из двух блоков, суммарная мощность которых – 1245 МВт электричества и 600 МВт тепла. ТЭЦ обеспечивает значительную часть южной части Нидерландов электричеством и тепловой энергией для отопления жилых домов, производственных и сельскохозяйственных сооружений (теплиц). В настоящее время планируется строительство еще одного блока на 800 МВт, в котлах кото-

рого также будет использоваться совместное сжигание угля и биомассы.

Amercentrale сегодня использует биомассы больше, чем любая другая электростанция в Европе. В топках котлов этой электростанции одновременно сжигают биомассу и уголь в соотношении 35:65. Рассматривается вопрос об увеличении доли биомассы при совместном сжигании с углем до 50 %, а в перспективе даже до 95 %, оставив лишь 5 % угля для т. н. подсветки (растопки). Древесные топливные гранулы поставляются на ТЭЦ крупнейшим в мире заводом-производителем пеллет, построенном компанией RWE – совладельцем Essent – в американском городе Уэйкроссе (штат Джорджия); инвестиции в него составили 120 млн евро. Ежегодная производительность этого завода – 750 тыс. т топливных гранул.

Мощность энергоблока № 1 – 600 МВт электрической и 350 МВт тепловой энергии. В качестве топлива используются: уголь калорийностью 25 МДж/кг, измельченные древесные отходы и пеллеты качества Еп-В.

Гранулы доставляются на станцию по реке Амер, тоннаж судов – до 3000 т. Далее гранулы вакуумным способом выгружаются из трюма и поступают по транспортерам на силосы. Для сжигания биомассы в котле типа Schelda не потребовалось модернизации горелок и котла. Биомасса подается на две или три горелки из шести (в зависимости от наличия топлива). В качестве подсветки используется природный газ и – в качестве резерва – нефть. По имеющейся информации, потребление биомассы на блоке № 1 в процентном соотношении к углю составляет более 50%. Электрическая турбина производства концерна АВВ. Для того, чтобы использовать биомассу в качестве топлива, на станции были проведены следующие мероприятия: на реке построен грузовой причал для приема судов с грузом пеллет; приобретен и установлен вакуумный агрегат для выгрузки гранул; построены силосы с транспортерами для гранул.

30 % всего количества электроэнергии в Соединенном королевстве вырабатывается на угольных станциях. Это говорит о большом потенциале для внедрения совместного

сжигания. Сертификаты на выбросы парниковых газов дали совместному сжиганию ископаемых видов топлива и биомассы за несколько лет серьезный импульс, в результате чего англичане вошли в число крупных импортеров пеллет. Самая большая ТЭЦ – Drax Power Station – вторая по мощности в Европе угольная электростанция (после польской Belchatow Power Station) – вырабатывает 7 % электроэнергии всей Великобритании. С 2004 года на ней используется принцип совместного сжигания нефтяного кокса и биомассы (12,5 %) – пеллеты из древесины, солома, лузга подсолнечника, скорлупа орехов и косточки оливок, мискантус. В основном все это биотопливо импортируется. Станция потребляет около 1,5 млн т биомассы в год. Биомасса обеспечила около 70 процентов топлива на ТЭС в первой половине 2016 года, по сравнению с 37 процентами за тот же период в 2015 году, после того, как компания модернизировала третий энергоблок для работы на древесных гранулах.

ТЭЦ, работающая на буром угле, в коммуне Йеншвальде (федеральная земля Бранденбург), возле г. Котбус в восточной Германии, принадлежит концерну Vattenfall. Суммарная мощность электростанции – 3000 МВт. В качестве основного топлива используется бурый уголь из трех угольных разрезов, находящихся в 70 км от станции. Калорийность угля – 4800–5200 Ккал/кг. Суммарное потребление в сутки при полной нагрузке – 80 тыс. т угля. Выработка электроэнергии составляет 22 млрд кВт*ч в год. В состав каждого из 6 энергоблоков входит два котла типа ЦКС (с циркулирующим кипящим слоем). КПД – 35–36 %. Дополнительно происходит сжигание биомассы (ТБО, низкосортной щепы и других древесных отходов), объем которой – до 3,9 % от объема потребления угля. На станции установлено контролирующее оборудование перед дымовой трубой для учета выбросов, показания которого считываются как на самой станции, так и в ведомстве по охране окружающей среды ФРГ. Биомасса сортируется прямо на станции, измельчается и подается на общий транспортер вместе с углем. Затраты на реконструкцию станции для организации совместного сжигания биомассы составили около 7 млн евро.

Источник: Данные взяты из открытых источников – научная статья зола перспективное сырье для промышленности. НИИ ЗШО АО «Самрук-Энерго».

Угольная электростанция Матра в Венгрии — эффективность несмотря на возраст <http://tesiaes.ru/?p=17535>

КРАТКИЙ ОБЗОР ЕВРОПЕЙСКИХ ТЭЦ, ИСПОЛЬЗУЮЩИХ СОВМЕСТНОЕ СЖИГАНИЕ ТОПЛИВА <https://lesprominform.ru/jarticles.html?id=2512>

2.4.3 Ультразвуковой защиты от накипи

В большинстве регионов России вода жёсткая, и потери от отложений солей в теплообменниках ГВС не поддаются никакому исчислению. Если бы теплообменники ГВС оснащались акустическими противонакипными устройствами очистить их приходилось бы очень редко, или, если жёсткость нагреваемой воды не превышает 4 ед., необходимость в очистке отпала бы вообще.

Физические принципы ультразвуковой защиты от накипи

Существует несколько физических методов, уменьшающих скорость образования накипи. Все они способствуют кристаллизации солей жесткости в толще воды и препятствуют достижению кристаллами размеров, необходимых для образования осадка. Ультразвуковая технология выделяется в этом ряду тем, что воздействует на образование и оседание накипи **несколькими различными способами одновременно.**

Во-первых, при озвучивании воды ультразвуком достаточной интенсивности, происходит разрушение, раскалывание образующихся в нагреваемой воде кристаллов солей жесткости. При контакте твердого тела с жидкостью накипь образуется на твердом теле. Это может быть или теплообменная поверхность, или взвешенные в воде частицы, являющиеся центрами кристаллизации растворенных в воде солей. В обычных условиях общая площадь поверхности взвешенных в воде частиц меньше площади теплообменной поверхности оборудования и именно на ней и происходит обра-

зование накипи. Но под воздействием ультразвука происходит раскалывание кристаллов карбоната кальция, находящихся в воде, их средние размеры уменьшаются с 10 до 1 микрона, увеличивается их количество и общая площадь поверхности. Под действием ультразвука в воде резко (примерно в 1000 раз) возрастает количество центров кристаллизации. Это приводит к переносу процесса образования накипи с теплообменной поверхности в жидкость, в толщу воды, к кристаллизации солей непосредственно в водной массе, что связано с появлением под действием ультразвука большого количества зародышей кристаллов, к постоянному возникновению, росту и раскалыванию кристаллов солей.

Во-вторых, ультразвук возбуждает высокочастотные колебания в металлической теплообменной поверхности. Распространяясь по поверхности, ультразвуковые колебания препятствуют формированию на ней накипных отложений, замедляя осаждение образующихся кристаллов солей. За счет различной механической жесткости металла и слоя накипных отложений изгибные колебания теплообменной поверхности разрушают формирующийся слой накипи. А если на теплообменной поверхности уже был слой накипи, то ультразвук разрушает его, что сопровождается отслоением и откалыванием кусочков накипи. Размеры этих кусочков зависят от толщины слоя накипи и увеличиваются с ее ростом. При значительной толщине слоя образованной ранее накипи, существует опасность засорения и закупорки каналов. **Поэтому одним из основных требований успешного применения ультразвуковой технологии является предварительная очистка, насколько это возможно, от старого слоя накипных отложений.**

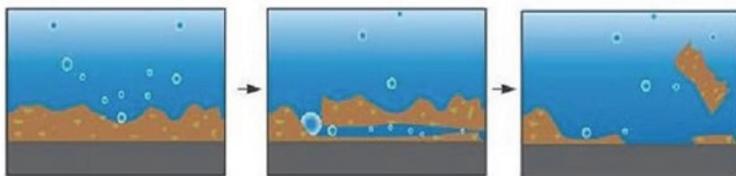


Рис. 2.4.3-1 Ультразвуковая защита от накипи

Следует иметь в виду, что некоторых тяжёлых случаях применение противонакипных устройств не избавляет от накипи навсегда, но скорость оседания накипи уменьшается в несколько раз. При воде с карбонатной жесткостью более чем 10 мг-экв/литр, срок службы нагревателя между чисткой или заменой трубного пучка увеличивается не менее, чем в четыре раза. При жёсткости воды менее 8 мг-экв/литр, срок службы между чистками увеличивается в 4.-.5 раз. А для котлов и теплообменников, в которых за год образуется не более 2 мм отложений, **о проблемах с накипью можно забыть.**

Метод создания ультразвуковых колебаний в теплообменном оборудовании.

Как известно, ультразвук быстро затухает в воздухе, но беспрепятственно распространяется в металле и воде. «Закачка» ультразвука в котлы и теплообменнике происходит следующим образом. К агрегату привариваются ультразвуковые преобразователи - излучатели ультразвука. Внутри излучателя находится сердечник из магнестрикционного материала – это специальный сплав, обладающий способностью менять свои размеры под действием электрического тока, проходящего по обмотке сердечника, пермендюр, состоящий из сплава кобальта с железом, с добавлением ванадия.



Рис. 2.4.3-2 Акустическое противонакипное устройство «Акустик-Т4» во взрывозащищённом (слева) и обычном исполнении.

Излучатели соединены кабелем с ультразвуковым генератором и непрерывно получают от генератора электрические импульсы специальной формы с несущей ультразвуковой частотой от 18 до 25 кГц. Этот электрический сигнал преобразуется магнитострикционным сердечником в механические колебания той же частоты. А поскольку излучатель приварен к защищаемому агрегату и представляет с ним единое целое, ультразвуковые колебания возбуждаются во всей конструкции теплообменника или котла и распространяются как во всей теплообменной поверхности, так и переизлучаются в воду от поверхности. Таким образом, мы создали в металле и воде непрерывные микроколебания с амплитудой в несколько микрон, которые **безопасны для сварки и вальцовки, но разрушительны для карбоната кальция и других твёрдых отложений.**



*Рис. 2.4.3-3 Излучатели ультразвука, приваренные к подогревателю ГВС и к коллектору парового котла.
Слева от излучателя ультразвуковой генератор*

А как быть с пластинчатыми теплообменниками? Как подать ультразвук в каждую пластину, если они отделены друг от друга резиновыми прокладками? Эта проблема решается следующим образом - в пластинчатых теплообменниках **ультразвук подаётся непосредственно в воду.** Для этого излучатель ультразвука снабжается специальным наконечником для излучения в воду и врезается в патрубки нагреваемой воды. А ультразвуковое поле, возбуждённое в воде возбуждает колебания и в пластинах и не позволяет накипи оседать на них.

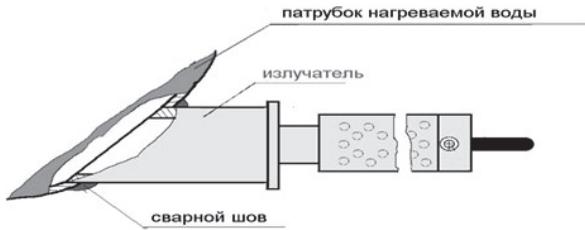


Рис. 2.4.3-4 Излучатель ультразвука на пластинчатом теплообменнике. Ультразвук подаётся в воду.

Для кожухотрубных теплообменников, излучатели навариваются на ободок трубной доски, в результате чего ультразвуковые колебания распространяются по трубной доске, передаваясь на трубный пучок. При монтаже на паровые или водогрейные котлы, излучатели навариваются на барабаны и коллектора боковых и заднего экранов.



Рис. 2.4.3-5 Монтаж УЗ преобразователей на пластинчатом (слева) и пароводяном теплообменниках

Экономический эффект резкого снижения скорости образования накипи достигается не только за счет уменьшения затрат на чистку. Покажем, что применение АПУ даёт экономический эффект и в процессе эксплуатации теплообменника за счет поддержания его паспортных параметров на исходном уровне. А в ряде случаев, и за счет уменьшения потерь тепла в окружающую среду.

На рисунке ниже показано изменение удельных расходов теплоносителя для трех кожухотрубных теплообменников, первые два из которых оснащены акустическими противонакипными устройствами, а третий (красная гистограмма) – нет. Аналогичные расчеты проведены и для других теплообменников, и представленные результаты являются характерными. Присоединенные нагрузки и площади теплообменных поверхностей этих теплообменников различны, отличаются поэтому и значения удельных расходов теплоносителя, однако динамика их изменения имеет ярко выраженный характер. **Значения удельных расходов теплоносителя для теплообменников, оснащенных АПУ, изменяются незначительно, колебания происходят около некоего среднего значения и имеют тенденцию к снижению. Значения удельного расхода для неоснащенного АПУ теплообменника уверенно увеличиваются от года к году. За время наблюдения рост удельного расхода теплоносителя составил более 20%. Пропорционально увеличился и расход электроэнергии, потребляемой насосами для перекачки повышенных объемов теплоносителя.**

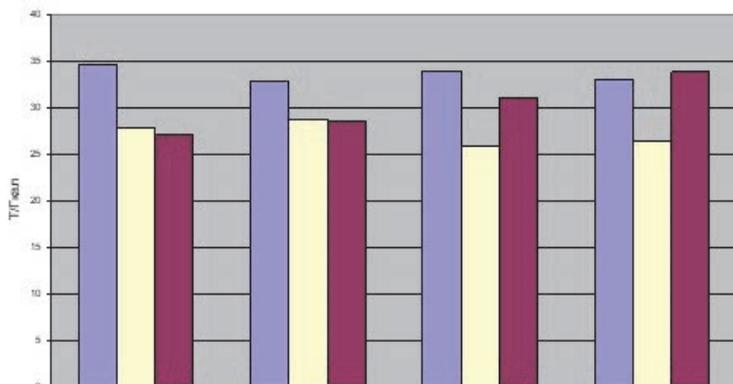


Рис. 2.4.3-6 Изменение средних за летний период удельных расходов теплоносителя в кожухотрубных теплообменниках, два из которых оснащены АПУ, третий (красная гистограмма) – не оснащён.

Ниже приведены значения удельных расходов теплоносителя в трех тепловых пунктах, один из которых оснащен акустическим противонакипным устройством. Во всех нагревателях ГВС с применением АПУ удельный расход теплоносителя на 10 – 30% ниже, чем в контрольных, не оборудованных противонакипными устройствами.



Рис. 2.4.3-7 Средненедельный удельный
расход теплоносителя

Таким образом, экспериментально было показано, что в не оборудованных противонакипными устройствами тепловых пунктах, на каждую произведенную в системе ГВС Гкал количества тепла перерасход теплоносителя составляет от 2,5 до 8 тонн. Тепловые потери и потери электроэнергии пропорциональны этому перерасходу.

Параметры работы оснащенных АПУ теплообменников свидетельствуют не только о существенном снижении расхода теплоносителя, но и об увеличении разницы температур греющей воды на входе/выходе ЦТП на 4–7°C. Специалистами ОАО «Теплопрогресс-М» г. Москва, было проведено определение эффективности работы пластинчатых теплообменников, которое показало, что коэффициент теплопередачи теплообменников, оснащенных противонакипными устройствами серии «Акустик-Т» производства ООО «Кольцо-энерго», на 10 - 27% выше коэффициентов теплопередачи наиболее близких по паспортным данным и присоединенным нагрузкам контрольных теплообменников.



Химическая промышленность

3. Анализ НТД для предприятий химической промышленности

Одной из ведущих отраслей индустрии РК, которая наиболее быстро обеспечивает внедрение достижений научно-технического прогресса во все сферы хозяйства и способствует ускорению развития производительных сил является химическая промышленность.

Продукция данной отрасли широко применяется для изготовления различной потребительской продукции, а если же брать большие объемы, то изделия химического комплекса используются в таких областях народного хозяйства как:

- нефтепромышленности,
- строительстве,
- пищевой сфере,
- сельском хозяйстве,
- фармацевтике,
- текстильном производстве и т. д.

Кроме того, химическая промышленность ориентирована на главные наукоемкие производства для продукции парфюмерно-косметической, бытовой химии и т.д., а также на обеспечение повседневных нужд человека и его здоровья.

Выработка продукции из углеводородного, минерального и другого сырья производится путём его химической переработки.

Исходя из исторических данных, периодически возникающие кризисные потрясения в мировой экономике являются стимулом для более интенсивного развития химических и нефтехимических предприятий.

В Казахстане присутствует широчайший спектр минеральных и углеводородных материалов, включая существенные запасы фосфоритов, хромитов, солей натрия. В недрах страны обнаружены 99 из 105 химических элементов периодической таблицы Менделеева. Более 60 из этих элементов находятся в коммерческом использовании. В настоящее время в Казахстане разведано 493 месторождений, содержащих 1 225 видов полезных ископаемых (постановление Правительства Республики Казахстан от 30 сентября 2010 года

№ 1001 «Об утверждении Программы по развитию химической промышленности Республики Казахстан на 2010 – 2014 годы»).

Главные преимущества химического сектора Казахстана заключаются в следующем:

- значительные запасы энергетических, водных и других природных ресурсов, образующих платформу для развития химического сектора;
- большой быстро растущий внутренний рынок, что обеспечивает потенциал для импортозамещения;
- наличие многолетнего опыта в сфере производства и наращивания научных, технических и инженерных мощностей;
- устойчивая макроэкономическая среда;
- благоприятный политический фон для привлечения иностранных инвестиций.

Стратегическое расположение главных предприятий химической промышленности основано на доступности необходимых ресурсов. Так, размещение предприятий начальной обработки связано с источниками сырья (Жамбылская, Актюбинская, Атырауская и Южно-Казахстанская области - азот, фосфориты, поташ, сложные минеральные удобрения), тогда как предприятия комплексной обработки расположены вблизи источников производственных мощностей, квалифицированной рабочей силы, научно-технической базы, потребительского спроса (специализированная и бытовая химия – Павлодарской, Карагандинской, Восточно-Казахстанской областей и Алматы; каустическая сода – Павлодарская область; серная кислота – Акмолинская, Кызылординская и Жамбылская области; продукция из каучука – Карагандинская область).

В Западном Казахстане расположены предприятия по производству продукции неорганической химии, взрывчатых веществ, минеральных удобрений. На западе Казахстана имеются два крупных предприятия - ТОО "КазАзот" (Мангистауская область) и АО "Актюбинский завод хромовых соединений" (Актюбинская область), а также одно простаива-

ющее среднее предприятие - ТОО "Казахстанский Центр комплексной утилизации боеприпасов "Нитрохим" (Актюбинская область).

В Северном и Восточном Казахстане расположены предприятия по производству лаков и красок, полиэфирных смол, взрывчатых веществ, противогазов и респираторов, средств защиты растений, а также серной кислоты как побочного продукта металлургического производства. В данном регионе республики расположены средние предприятия - АО "Каустик" (Павлодарская область), АО "Орика-Казахстан", ТОО "Ульба-ФторКомплекс", ТОО "Серебрянский завод неорганических производств" (Восточно-Казахстанская область). Кроме того, в Восточно-Казахстанской области расположено АО "Казцинк" (крупное металлургическое предприятие, выпускающее серную кислоту).

В Центральном Казахстане расположены предприятия по производству лаков и красок, взрывчатых веществ, средств защиты растений и бытовой химии. В данном регионе республики размещено наибольшее количество химических предприятий, в том числе крупные предприятия металлургической отрасли, побочным продуктом производства которых является серная кислота (АО "Арселор Митал Темиртау", ТОО "Корпорация "Казахмыс", Карагандинская область), а также более десяти средних предприятий в Карагандинской области - ТОО "Максам Казахстан", ТОО "Вертекс-Инициатив", ТОО "Эгофом", ТОО "Alian Paint", ТОО "Гербициды", ТОО "Прогресс-Сельхозхим" и другие.

Основными предприятиями химической промышленности РК являются: АО «Актюбинский завод хромовых соединений», АО «Ульбинский металлургический завод», АО «Каустик», АО «Орика-Казахстан», АО «Темиртауский электрометаллургический комбинат», ТОО «Иртышская Редкоземельная Компания», ТОО «КазАзот», ТОО «Казфосфат», ТОО «КазЦКУБ Нитрохим», ТОО «Компания Нефтехим LTD».

ТОО «Компания Нефтехим LTD» – производство полипропилена (используется для изготовления полимерных из-

делий) и метилтретбутилового эфира (высокооктановая добавка для бензина), на сегодняшний день является единственным производителем данной продукции в РК, АО «Каустик» является единственным производителем хлорщелочной продукции в Казахстане, используемой в горнодобывающей и нефтехимической промышленности, а также для производства бытовой химии, ТОО «Казфосфат» впервые в Казахстане запустило производство гексаметафосфата натрия, используемого в пищевой промышленности.

В Казахстане разработали новую технологию производства сырья для дезинфицирующего средства. Хлорные таблетки, на сто процентов уничтожающие все известные микробы и вирусы, данное производство функционирует в Павлодаре с 2015 года. Но до сих пор сырье для них приобретали в Китае. Специалисты сами разработали технологию производства сырья для хлорных таблеток – дезостерилхлора. Инновационность данной технологии подтверждена китайским научным институтом.

Географическое положение Казахстана создает потенциал поставлять продукцию нефтехимии и химии в Китай, Россию и Корею, а также в ряд других государств региона, таких как Азербайджан, Кыргызстан и Украина. К примеру, Китай является крупнейшим в мире потребителем химикатов (ISC and WPC, 2013), и ожидается, что за период с 2013 по 2015 год химическая промышленность Китая вырастет на 9-11% (KPMG, 2013).

Для того, чтобы Казахстану развить химическую промышленность, нужно устранить ряд проблем:

1) нехватка технологий переработки, недостаточный технологический уровень химических предприятий, а также износ существующей техники и оборудования;

2) транспортная инфраструктура не развита, что затрудняет осуществлять быстрые перевозки сырья или готовой продукции.

3.1 Описание технологических процессов, используемых в химической промышленности

Многие технологические процессы химической промышленности связаны с движением жидкостей, газов или паров, перемешиванием в жидких средах, а также с разделением неоднородных смесей путем отстаивания, фильтрования и центрифугирования.

Совершенствование технологических процессов химической промышленности определяется укрупнением единичных мощностей аппаратов, разработкой и внедрением в производство технологических схем, характеризующихся максимальным и многократным использованием вторичных энергетических ресурсов (ВЭР) непосредственно в технологических процессах, за счет чего обеспечивается уменьшение потребности в подведенной извне энергии. Такое направление определяет уменьшение выхода ВЭР (а в ряде случаев для многих продуктов и отсутствие их выхода) за пределы замкнутых технологических схем, по сравнению с существующими в настоящее время условиями производства.

В технологических процессах химической промышленности приходится иметь дело как с низкими, так и с высокими температурами. Поэтому в этой отрасли промышленности применяют разнообразные методы и средства измерения.

Во многих технологических процессах химической промышленности находят применение органические растворители и легковоспламеняющиеся жидкости. Если замена горючих сред негорючими не нарушает нормального хода технологических операций и экономически приемлема, то она и наиболее целесообразна, так как исключает возможность загораний не только от статического электричества, но и от всех других источников воспламенения.

Основные приоритеты энергосбережения в химической промышленности – совершенствование существующих и внедрение новых энергосберегающих технологий, использование новых высокоэффективных катализаторов, реконструкция и модернизация технологического оборудования, увеличение загрузки мощностей, рациональное использова-

ние вторичных энергоресурсов, снижение непроизводительных потерь сырья и энергоресурсов, наконец, оснащение всех производств автоматизированными системами управления.

3.2 Наилучшие доступные технологии в химической промышленности и рекомендации по их применению

Химический комплекс — сложный промышленный сектор, обеспечивающий выпуск большого количества разнообразных продуктов. Что касается технологий их производства, то во многом они схожи. Поэтому разработка наилучших доступных технологий и рекомендации по внедрению энергоэффективных и ресурсосберегающих технологий, уменьшающих уровень негативного воздействия на окружающую среду со стороны промышленных предприятий, играет немаловажную роль.

При этом к наилучшим доступным технологиям могут быть отнесены как технологические процессы, оборудование, организационные и технические способы, так и другие способы, способствующие защите окружающей среды.

На сегодняшний день самые наилучшие доступные технологии в химической промышленности на территории Казахстана представлены в Табл. 3.2-1.

Табл. 3.2-1 Перечень наилучших доступных технологий

№ п/п	Наименование технологии
1.	Утилизации тепла газовых выбросов
2.	Применение пароструйных компрессоров для утилизации низкопотенциального пара
3.	Комбинированная выработка электроэнергии и теплоты на теплоэнергетическом оборудовании
4.	Модернизация хлорного производства
5.	Внедрение энергосберегающих технологий на базе термодинамического и эксергетического анализа

3.2.1 Утилизация тепла газовых выбросов

Существует одна проблема утилизации тепла газовых выбросов при обезвреживании (сжигании) отходов производства под атмосферным давлением, выбросе отходящих дымовых газов с высокой температурой из технологических установок и так далее.

Большая сложность решения проблемы состоит в том, что необходимость применения больших теплообменных поверхностей, которые требуют значительных капитальных вложений, неизбежна.

Поэтому была разработана система утилизации тепла дымовых газов печей риформинга крупнотоннажных агрегатов аммиака с использованием теплообменных поверхностей из оребренных труб со спиральной навивкой по наружному диаметру, что значительно снижает металлоемкость оборудования.

Теплота же утилизируется в виде нагретой до температуры 150-160°C и давлением 0.6-0.7 МПа воды с последующей генерацией пара и его использованием на технологические нужды.

При необходимости повышения температуры и давления пара это, как было замечено ранее, возможно сделать с помощью пароструйных компрессоров.

При насыщении пара, полученного с установки утилизации тепла дымовых газов печи риформинга агрегата аммиака мощностью 1360 т/сутки, компримируется паром 2.7 МПа с одновременным повышением температуры и используется на установке ректификации метанола. Излишки пара выдаются в общезаводскую сеть.

Технический аспект: Однозначное повышение энергоэффективности оборудования.

Экономический аспект: Главным требованием при реконструкции оборудования является требование к применению высокоэффективных технологий, способствующие снижению затрат на собственные нужды. Оценочный срок окупаемости составляет 1 год, в зависимости от изменения стоимости оборудования и монтажных работ.

3.2.2 Применение пароструйных компрессоров для утилизации низкопотенциального пара

Для решения проблемы утилизации низкопотенциального пара самым простым и эффективным способом является повышение его давления до технологически приемлемых параметров с помощью пароструйных компрессоров.

При завершении процесса инъекции за счет энергии пара более высоких параметров повышается давление инжектируемого пара, а также есть возможность повысить его температуру до требуемого значения, что очень важно если утилизируемый пар является насыщенным. Используемый метод утилизации низкопотенциального пара имеет ряд преимуществ перед остальными способами из-за низких затрат и очень простой конструкции применяемого оборудования, которое можно изготовить при помощи сил ремонтно-механических цехов предприятий.

Решение проблемы утилизации родилось благодаря применению пароструйных компрессоров низкопотенциального пара с турбоприводов компрессоров в аммиачных производствах, избыточного технологического пара в производствах карбамида. Таким образом осуществлена реализация схемы использования тепла горячего конденсата с предварительным получением пара повторного вскипания, его последующим компримированием и выдачей в заводскую сеть, а также насыщенного низкопотенциального пара от теплоутилизационных установок.

Технический аспект: Однозначное повышение энергоэффективности оборудования.

Экономический аспект: Главным требованием при выборе оборудования является требование к применению высокоэффективных технологий, способствующие снижению затрат на собственные нужды. Оценочный срок окупаемости составляет 1 год, в зависимости от изменения стоимости оборудования и монтажных работ.

3.2.3 Комбинированная выработка электроэнергии и теплоты на теплоэнергетическом оборудовании

Развитая система редуционно-охладительных установок, как правило, существует в энергоемких химических производствах, потребляющих в больших количествах пар. Пар высокого давления редуцируется до технологически необходимых параметров, а также для собственных нужд котельной, отопления и так далее с большими теплотерями.

Основная экономия энергоресурсов происходит при установке паровых турбин с максимально возможной выработкой электроэнергии, при этом питание главных потребителей пара осуществляется из отборов турбины, в минимальной степени предусматривая работу редуционно-охладительных установок (РОУ).

Здесь же топливо расходуется на выработанный 1 кВт*ч, по сравнению с выработкой электроэнергии по чисто конденсационному циклу, в три раза меньше, а ее себестоимость ниже цены электроэнергии, потребляемой из сети, в 3-7 раз (в зависимости от места расположения турбины).

Также необходимо рассмотреть ситуацию, когда с целью максимальной выработки электроэнергии пар низких параметров вырабатывается в избытке. Тогда с помощью пароструйных компрессоров возможно осуществлять корректировку баланса необходимых параметров пара.

Технический аспект: Однозначное повышение энергоэффективности технологического процесса.

Экономический аспект: Главным требованием при выборе нового оборудования является требование к применению высокоэффективных технологий, способствующие снижению затрат на собственные нужды. Экономический эффект достигается за счет выработки собственной электроэнергии и снижение затрат на приобретаемую из внешней сети. Оценочный срок окупаемости составляет 7 год, в зависимости от изменения стоимости оборудования, монтажных работ, а также стоимости покупного ресурса.

3.2.4 Модернизация хлорного производства

В настоящее время 35 % хлора и каустика в мире производится ртутным методом. Постепенно все мировые предприятия по производству хлора и каустика перейдут на мембранную технологию в силу её очевидных преимуществ. Однако переход на мембранный электролиз занимает много времени и финансовых вложений.

Перевод имеющейся на предприятиях ртутной технологии производства хлора и каустика на мембранную, позволит создать энергоэффективное и экологически чистое производство хлора и каустика. Внедряемая система ртутного электролиза снизит потери ртути и удельное электропотребление на единицу выпускаемой продукции в переходный период в рамках запуска мембранного электролиза. Помимо этого, новые технологии и оборудование совершенствуют механизм контроля себестоимости хлора и каустика.

Технический аспект: Повышение энергоэффективности технологического процесса, повышение качества продукции.

Экономический аспект: Экономия достигается за счет снижения потери сырья в виде ртути, снижение энергоемкости производства при том же объеме выпуска продукции. Мероприятие является очень затратным, для определения сроков окупаемости необходима разработка технико-экономического обоснования (ТЭО) на модернизацию.

3.2.5 Внедрение энергосберегающих технологий на базе термодинамического и эксергетического анализа

Термодинамический анализ процессов действующих производств с выполнением необходимых эксергетических расчетов является значительной частью обоснования энергосберегающих технологий.

На примере некоторого комплекса работ проиллюстрированы возможности такого подхода при решении задач энергосбережения.

Для многостадийных энергоемких производств особо важно выполнение эксергетических расчетов и на их базе разработка энергосберегающих технологий, коем является производство капролактама, поскольку проектные решения нынешних производств не всегда основываются на глубоком термодинамическом анализе технологической схемы и при их проектировании отдают предпочтение традициям и требованиям нормативной документации, чем логике энергосбережения.

Так, например, не практикуется использование тепла выходящих потоков ректификационных колонн для нагрева исходных продуктов, поступающих на ректификацию, часто не используется тепло, уносимое с продуктами реакции из химических реакторов, и так далее.

В конечном итоге теплообменных процессов основная часть теплоэнергии, поступающей на производство капролактама с паром, отводится оборотной водой и безвозвратно рассеивается в окружающей атмосфере.

Однако, хотя капролактама является многотоннажным промышленным продуктом, данные о термодинамических свойствах полупродуктов его синтеза немногочисленно.

Благодаря этому были рассмотрены термодинамические свойства всех промежуточных (циклогексанол, циклогексанон, циклогексаноноксим, капролактама) и основных побочных (2-циклогексилциклогексанон, 2-циклогексенилциклогексанон, 2 циклогексиденциклогексанон, циклогексилацетат) продуктов синтеза капролактама.

Также для определения термодинамических свойств были использованы методы исследования равновесия реакций, определения энтальпий сгорания, энтальпий фазовых переходов, измерение теплоемкости веществ в интервале 5-500 К, давления насыщенного пара, методы статистической термодинамики и в комплексе с литературными сведениями создана база термодинамических данных для всех ключевых соединений производства. Эксергетический анализ был выполнен с использованием полученных данных отдельных стадий и определены основные направления снижения энергопо-

требления, часть которых реализуется в большом производстве.

Термодинамический анализ стадии дегидрирования циклогексанола говорит о том, что процесс в промышленных условиях зачастую реализуется в условиях, близких к равновесным. Тогда целесообразно повышение объемных скоростей подачи исходного сырья, что не оказывает значимого влияния на степень конверсии и, что естественно, эксергетический КПД процесса, но приводит к довольно большому снижению содержания побочных продуктов в катализате.

Если рассматривать это с обратной стороны, осуществление процесса в термодинамически неблагоприятных условиях снижает эксергетический КПД процесса из-за повышенных энергозатрат на стадии ректификации.

Моделирование с помощью математических методов тепло- и массообменных процессов, происходящих в трубчатом реакторе дегидрирования циклогексанола, показало, что конечная температура реакционной смеси в противоточном по отношению к теплоносителю режиме работы на 15 К больше, чем для прямоточного режима, что говорит о приросте концентраций циклогексанона на ~ 10% и, собственно, снижает энергозатраты на стадии выделения целевого продукта. На одном из производств капролактама, благодаря полученным данным, завершён перевод реакторов дегидрирования на противоточный режим работы.

В результате анализа теплообменных процессов, протекающих на стадии ректификации продуктов окисления циклогексана и дегидрирования циклогексанола, внедрены оптимальные с точки зрения эксергетического анализа варианты теплообмена.

Так же совершенно термодинамическое обоснование процесса глубокой переработки побочных продуктов - 2-циклогексенилциклогексанона, 2-циклогексили-денциклогексанона и сложных эфиров, входящих в состав отходов производства, - "X-масел" - в целевые продукты. В промышленных условиях реализация процесса подтвердила возможность дополнительно вырабатывать до 300 кг циклогексанона и циклогексанола из 1 т исходного "X-масла".

Технический аспект: Повышение энергоэффективности технологического процесса, повышение качества продукции.

Экономический аспект: Экономия достигается за счет снижения потери сырья, снижение энергоемкости производства при том же объеме выпуска продукции. Мероприятие является выгодным не только по экономическим аспектам, но и по экологическим.

3.3 Экономические аспекты реализации наилучших доступных технологий в химической промышленности

Все вышеизложенные направления энергосбережения в химической промышленности не исчерпывают, конечно же, всех аспектов этой проблемы в полной мере, но иллюстрируют возможность экономии энергоресурсов в ряде случаев без значительных капиталовложений, а также выделяют необходимость решения этих задач на самой ранней стадии проектирования или с целью оптимизации действующих производств, с позиций термодинамики.

Экономические аспекты эффективности применяемых технологий, основываются на сопоставлении затрат, связанных с их внедрением и ограничении в использовании, с одной стороны, и выгод от внедрения, с другой стороны.

Одними из лучших экономических аспектов являются дополнительные или не основные доходы, предотвращенные издержки, международная или государственная финансовая поддержка. Дополнительный доход может быть получен от реализации побочной продукции, экономии энергоресурсов на использование в производственных процессах.

3.4 Перспективные технологии в химической промышленности

3.4.1 Катализ в тонком органическом синтезе витаминов и лекарственных препаратов

Казахстанская фармацевтическая промышленность представлена 80 предприятиями. На долю 5-ти наиболее крупных заводов приходится более 85% всех выпускаемых в Казахстане лекарств в денежном выражении. АО «Химфарм», «СП ГлобалФарм», АО «Нобел АФФ», фармацевтические компании «Ромат», ТОО «Нур-Май Фарм», «Карагандинский фармацевтический комплекс» представляют собой предприятия полного цикла – разработка активных фармацевтических ингредиентов, производство фармацевтических субстанций, разработка и внедрение технологических процессов, производство готовых лекарственных форм. Казахстан тесно сотрудничает по многим направлениям науки с Российской Федерацией, что позволяет использовать их разработки и исследования на предприятиях РК. Одним из таких исследований является создание возможности и применение наноразмерных катализаторов. Это позволяет рассмотреть их использование в одной из областей тонкого органического синтеза – в получении субстанций для лекарственных средств, витаминов и пищевых добавок, то есть в фармацевтической и пищевой промышленности.

При этом необходимо учитывать ситуацию, которая сложилась на фармацевтическом рынке в России и Казахстане в настоящее время:

- более 75 % лекарств и биологически-активных добавок (БАД) в аптеках – зарубежного происхождения;
- 90 % лекарств и БАД в наших странах производятся из зарубежного сырья;
- за период с 1992 по 2012 год объем производства субстанций в РФ сократился более чем в 6 раз;
- наибольший удельный вес в себестоимости витаминов и лекарственных веществ занимают затраты на сырье и материалы (около 40%), что очень сильно повлияло на отпускные цены.

Исходя из вышеуказанных фактов и основываясь на всех перечисленных выше обстоятельствах, необходимо говорить о несомненной актуальности и своевременности изучения перспектив использования нанотехнологических инноваций в синтезах витаминов (включая пищевые добавки) и лекарственных препаратов. Тем более, что полученные в этой области результаты очень показательны в целом для основных аспектов (технологического и экологического) химической промышленности, так как внедрение более эффективных и современных технологий должно привести к снижению времени приготовления целевого продукта, сокращению числа реакционных стадий и/или применению более эффективных стадий, а замещение опасных химикатов на неопасные и использование экологичных растворителей окажет существенное влияние на состояние окружающей среды и повышения энергоэффективности предприятий.

3.4.2 Дигидратно-полугидратный способ получения экстракционной фосфорной кислоты из фосфоритов каратау (коксу)

Производство экстракционной фосфорной кислоты (ЭФК) в настоящее время и в ближайшей перспективе будет осуществляться преимущественно сернокислотным разложением природных фосфатов. В процессе экстрагирования фосфора в сернофосфорнокислый раствор происходит кристаллизация сульфата кальция, который в зависимости от температуры проведения процесса, концентрации P_2O_5 в жидкой фазе, содержания примесей и других факторов образуется в виде дигидрата, полугидрата или ангидрита. Технологический процесс получения ЭФК принято называть через модификацию образующихся кристаллов сульфата кальция.

Различают следующие способы получения ЭФК:

1. Одностадийные (одноступенчатые): дигидратный, полугидратный, ангидритный;

2. Двухстадийные (двухступенчатые, комбинированные): дигидратнополугидратный, полугидратнодигидратный.

В настоящее время в мировой практике производство ЭФК осуществляется преимущественно с использованием одностадийных дигидратных и полугидратных способов.

Образующийся в процессе получения ЭФК сульфат кальция содержит различные примеси, поступающие с исходным фосфатным сырьём, а также неразложившийся фосфат и недоотмытую фосфорную кислоту и является вторичным материальным ресурсом (ВМР), который именуется фосфогипсом.

Отсутствие реальных экономически обоснованных технологий переработки фосфогипса в целевые продукты обуславливает его преимущественное складирование в виде отвалов, которые оказывают негативное воздействие на окружающую среду путём загрязнения вредными веществами атмосферного воздуха, подземных и поверхностных вод, почвенно-растительного покрова. Для снижения загрязнения окружающей среды требуется разработка и внедрение различных природоохранных мероприятий, которые в свою очередь требуют дополнительных затрат на реализацию.

Разработка и внедрение двухстадийных технологических способов получения ЭФК представляется одним из наиболее перспективных направлений развития отрасли, поскольку позволяет:

1. Повысить степень использования фосфатного сырья;
2. Увеличить содержание P_2O_5 в продукционной ЭФК;
3. Получить фосфогипс или фосфополугидрат с пониженным содержанием примесей.

При рассмотрении сырьевых баз фосфатной промышленности Евразийского Экономического сообщества (ЕврАзЭС) для предприятий химической индустрии, располагающихся в южных областях России и на территории Казахстана, установлено, что для производства фосфорсодержащих минеральных удобрений наиболее целесообразным с учётом логистики является использование в качестве сырья фосфоритов Каратау.

До настоящего времени фосфориты Каратау перерабатывали в ЭФК только дигидратным методом. Традиционная дигидратная технология ЭФК из фосфоритов Каратау характеризуется низкой интенсивностью (время пребывания пульпы в экстракторе составляет более 6 ч), невысоким выходом P_2O_5 в ЭФК (аналитический – не более 90%, хозяйственный – менее 86%) и низким содержанием P_2O_5 в продукционной ЭФК (20-22% P_2O_5).

Новая технология позволяет повысить эффективность переработки фосфатного сырья с достижением аналитического выхода P_2O_5 на уровне 98,5 %, увеличить содержание P_2O_5 в продукционной кислоте с 26-27 % (одностадийный дигидратный процесс) до 29,0-29,5% и радикально улучшить качество побочного продукта – фосфополугидрата – за счёт снижения в нём содержания вредных примесей (содержание $P_2O_{5\text{общ.}}$ и $P_2O_{5\text{водораств.}}$ на уровне 0,25-0,30% и 0,05-0,10% соответственно, $F_{\text{общ.}}$ и $F_{\text{водораств.}}$ на уровне 0,06-0,10% и 0,04-0,05% соответственно).

На основании проведённых исследований предложены два варианта реализации дигидратно-полугидратного процесса получения ЭФК из фосфатного сырья Коксу. Первый – строительство узла перекристаллизации дигидрата сульфата кальция мощностью около 200 тыс. т вяжущего в год в замкнутом цикле нового производства ЭФК мощностью 220 тыс. т P_2O_5 в год. Второй – строительство нового производства ЭФК мощностью 110 тыс. т P_2O_5 в год с получением около 600 тыс. т вяжущего в год.

Разработанная технология характеризуется достаточно высокой степенью энерго- и ресурсосбережением и малоотходностью.

Энергосбережение обеспечивается посредством:

- интенсификации дигидратной стадии (сокращение времени пребывания пульпы в реакторе) путём осуществления высокотемпературного дигидратного процесса ($t = 93-94$ °C), использования эффективного воздушного охлаждения пульпы в режиме пенного слоя, применения для циркуляции пульпы энергосбе-

- регающих циркуляторов пульпы и перемешивающих пульпу винтовых мешалок;
- получения ЭФК с высоким содержанием P_2O_5 (29-31%), что снижает энергозатраты на удаление воды при получении концентрированных фосфорсодержащих удобрений.

Ресурсосбережение обеспечивается увеличением степени использования фосфатного сырья на 3-8 % абс. по сравнению с дигидратным одностадийным способом производства ЭФК и соответствующим снижением расхода H_2SO_4 .

Малоотходность новой технологии заключается в возможности переработки в целевые продукты до 80-85 % от общего выхода ФПГ. Наиболее перспективной представляется переработка ФПГ в гипсовое вяжущее марки Г-10 Б III (по ГОСТ 125-79) по предельно простой технологической схеме, включающей подсушку ФПГ до остаточного содержания воды 5-7%, доизмельчение до удельной поверхности 2400-2500 cm^2 / g и фасовку товарного продукта.

**Ресурсо- и энергосберегающие технологии в химической и нефтехимической промышленности. V Международная конференция Российского химического общества им. Д. И. Менделеева.*

3.4.3 Технологические ноу-хау Uhde по мембранному способу получения хлора

Современные производства хлора и каустика имеют специально разработанную для мембранной технологии систему циркуляции рассола. Более сильное обеднение хлористого натрия в мембранных ячейках предполагает более низкую степень рециркуляции и значительно меньше оборудования чем, например, в ртутных установках такой же мощности. Кроме того, в мембранных установках рассол проходит стадию подготовки, специально адаптированную к нуждам установки и типу, и качеству используемого рассола, что

обеспечит подачу высококачественного рассола в мембранные ячейки.

Полученный хлор выводится из ячейки вместе с обедненным рассолом. Если требуется высокочистый хлор (например, для последующего производства ВХМ), то для уменьшения содержания в нем кислорода, в подаваемый рассол можно добавить соляную кислоту.

Влажный газообразный хлор после охлаждения и фильтрации либо напрямую направляется в цех-потребитель (например, производство соляной кислоты), либо дополнительно осушается и компримируется перед подачей в цех-потребитель (например, производство ВХМ) или перед сжижением для хранения в резервуарах. В состав мембранных электролизных установок также входит система циркуляции католита. Частичный поток продукта 32 % NaOH с помощью деминерализованной воды разбавляется до концентрации 30 % и возвращается в мембранные ячейки как католит. Концентрация остального каустика-продукта может быть повышена, если это необходимо.

Водород, как ценный побочный продукт, после охлаждения и фильтрации может подаваться к таким потребителям, как производство соляной кислоты или водорода.

Большое влияние на эксплуатационные расходы установки по производству хлора и каустика оказывает срок ее непрерывной работы, который в значительной мере зависит от надежности материалов и прочности конструкции ячейки.

Это особенно важно в случае мембранного электролиза, где довольно чувствительная мембрана играет центральную роль. «Элемент с единичной ячейкой» Uhde или короче «единичный элемент», сочетает оптимальные материалы компонентов и удобное техобслуживание.

Анодная камера изготовлена полностью из титана, а катодная – из никеля. В уплотнительную систему входят уплотнение рамы из модифицированной ПТФЭ (Ф-4/TFM) и уплотнительные шнуры «Гортекс».

Стальные наружные фланцы с электроизолированными болтами и пружинными прокладками обеспечивают герметичность в ходе всего срока службы.

Благодаря внедрению нового полноразмерного упругого элемента в проверенную одноэлементную конструкцию Uhde положительные достижения прошлого были расширены посредством преимуществ новейших разработок. Сочетание конструкции с нулевым зазором с одноэлементной концепцией создает уникальную технологию, предлагающую три преимущества:

Значительная экономия энергии:

Увеличение используемой площади мембраны в сочетании с конструкцией с нулевым зазором по всей активной площади мембраны значительно сокращает потребление энергии. Данный положительный эффект подкрепляется более равномерным распределением тока на мембрану и улучшенным выбросом пузырьков газа, что сокращает застой газа внутри одной ячейки.

100 % герметичность в течение всего срока службы:

Одноэлементная конструкция Uhde с ее уникальным уплотнением и системой шлангов обеспечивает полностью герметичную электролитическую ячейку вплоть до давления 4,7 бар изб. С помощью момента кручения, применяемого к гайкам и болтам фланцевой системы, герметичность может быть гарантирована в течение всего срока службы.

Продление срока службы мембраны:

При использовании мембран в оптимальном диапазоне контактного давления отсутствие зазора на всей активной поверхности гарантировано, и срок службы мембран может быть увеличен. Применяемая сила контактного давления между элементами в пределах одного пакета плавно передается с минимальным трением, так как новые вальцы в верхней части фланцевой системы являются определяющим фактором усилия пружины упругих элементов.

Таким образом, новая конструкция позволяет прямо регулировать контактное давление на мембраны, независимо от силы, отвечающей за герметичность одной ячейки.



Нефтегазовый сектор

4. Анализ НТД для предприятий нефтегазовой отрасли

Нефтяная промышленность Казахстана – одна из важнейших отраслей его экономики. Добыча нефти в стране началась в 1899 году на месторождении Карашунгул. Первыми высокую вероятность нахождения в этом регионе огромных запасов нефти отметили российские военные, путешественники и ученые. Сегодня доля доходов нефтяной отрасли в бюджете Казахстана составляет около 44%. В отчете компании Standard & Poor's доля нефтяного сектора указывается как 25% от ВВП страны.

Около 70% ресурсов «черного золота» сосредоточено в западных областях Казахстана. Глубина залегания – около 5000 м. В настоящее время добыча нефти ведется на 55 месторождениях. К самым крупным из них относятся Тенгизское (нефтяное), Узеньское (нефтегазовое), Карачаганакское (нефтегазоконденсатное), Жанажол (нефтегазоконденсатное), Каламкас (нефтегазовое).

Самыми крупными предприятиями в этой отрасли являются:

"Тенгизшевройл" Занимается разработкой месторождения Тенгиз.

"Карачаганак Петролиум Оперейтинг Б.В." Консорциум нефтегазодобывающих компаний, разрабатывающих одно из крупнейших газоконденсатных месторождений в мире – Карачаганак.

"Мангистаумунайгаз" Компания разрабатывает 15 месторождений нефти и газа. Основными промышленными объектами разработки являются месторождения Каламкас и Жетыбай.

"Озенмунайгаз" Нефтедобывающая компания. Дочерняя компания "Разведки Добычи КазМунайГаз". Занимается разработкой месторождений Узень, Тенге и Карамандыбас.

"СНПС – Актобемунайгаз" Нефтегазовая компания. Занимается разработкой месторождений Жанажол, Кенкияк-подсолевой и Северная Трува, Кенкияк-надсолевой, а также

проводит работы на Прикаспийской впадине, относящейся к Актюбинской области.

"Эмбаунайгаз" Нефтедобывающая компания. Дочерняя компания "Разведки Добычи КазМунайГаз". На балансе "Эмбаунайгаз" числится 41 нефтегазовое месторождение, из них в разработке находятся 33 месторождения.

"Каражанбасмунай" Казахская нефтедобывающая компания, осуществляет разработку месторождения Каражанбас, расположенного на полуострове Бузачи в Мангистауской области. К основным видам деятельности относятся добыча, первичная переработка и реализация нефти преимущественно на экспорт.

"Совместное предприятие "Казгермунай" Нефтедобывающая компания. Дочерняя компания "Разведки Добычи КазМунайГаз". Разрабатывает месторождения Акшабулак, Нуралы, Аксай.

Филиал "Норт Каспиан Оперейтинг Компани Н.В." В Северо-каспийский проект входят пять морских нефтегазовых месторождений: Кашаган, Каламкас-море, Кайран, Актогы и Юго-Западный Кашаган. В 2016 году началась первая коммерческая добыча нефти на морском месторождении Кашаган. А к середине 2017 года НКОК достиг отметки в более чем 200 тыс. баррелей в сутки.

"Аджиб Карачаганак Б.В." Нефтегазовая компания. Работает на месторождении Карачаганак.

Нефть перерабатывают на трех нефтеперерабатывающих заводах: Атырауском, Павлодарском и Шымкентском.

4.1 Описание технологических процессов, используемых в нефтегазовой отрасли

Процессы добычи нефти состоят из последовательных технологических операций основных и вспомогательных процессов

Добыча нефти на месторождениях осуществляется в несколько этапов: строительство скважин, сбор и транспортировка продукции нефтяных скважин, подготовка нефти, газа

и воды, поддержание пластового давления, методы воздействия на пласт и вспомогательные процессы. Эти этапы разделяются на процессы/установки и технологии добычи нефти.

Строительство скважин

Бурение скважины — процесс механического разрушения горных пород специальным породоразрушающим инструментом (долотом), удаления разрушенной породы с забоя скважины и её подъёма на дневную поверхность. Скважины в России обычно бурят вращательным способом. Процесс углубления происходит за счёт вращения долота, укрепляемого в нижней части колонны бурильных труб, и нагрузки на долото, создаваемой частью веса бурильной колонны. Частицы выбуренной породы (шлам) выносятся на поверхность потоком бурового раствора (промывочная жидкость), который прокачивается с поверхности внутри колонны бурильных труб, проходит через специальные отверстия в долоте, перемешивается с разрушенной породой и далее возвращается на поверхность через затрубное пространство. Промывочная жидкость выносит с забоя частички выбуренной породы, а также охлаждает долото, создаёт противодействие на пласты, удерживает стенки скважины от обвалов и т. д. Скважины бурят на суше и на море при помощи буровых установок.

При морском бурении буровые установки монтируются на эстакадах, плавучих буровых платформах или судах.

Сбор и транспортировка продукции нефтяных скважин

При проектировании и разработке нефтяных месторождений выделяются следующие группы скважин: эксплуатационные, нагнетательные и поглощающие. Эксплуатационные скважины предназначены для извлечения из залежи нефти и сопутствующих компонентов. Нагнетательные скважины предназначены для воздействия на продуктивные пласты путем нагнетания в них воды, газа, пара и других рабочих агентов с целью поддержания пластового давления для продления фонтанного периода эксплуатации или увеличения объема механизированных добывающих скважин. Нагне-

тательные скважины могут быть законтурными, приконтурными и внутриконтурными. Специальные скважины предназначаются для добычи технической воды, сброса промышленных вод, подземного хранения газа и ликвидации открытых фонтанов.

После извлечения из пласта и подъема к устью скважины нефть подвергают очистке на ряде установок. Устье скважины соединено с установками подготовки нефти системой нефтепроводов, позволяющих собирать нефть для дальнейшей обработки. В настоящее время известны следующие системы промышленного сбора: самотечная двухтрубная, высоконапорная однотрубная и напорная.

Узлы учета нефти предназначены для автоматического измерения массы (объема) нефти; определения ее качественных характеристик (плотность, влагосодержание, давление, температура). Измерение качественных характеристик, таких как механических примесей, в продукции скважины необходимо для контроля режима эксплуатации скважин и месторождения в целом, что позволяет принимать нужные меры по ликвидации возможных аварий. Сбор продукции производят от группы скважин на автоматизированные групповые замерные установки (АГЗУ). От каждой скважины по индивидуальному трубопроводу на АГЗУ поступает нефть вместе с газом и пластовой водой. На АГЗУ производят учет точного количества поступающей от каждой скважины нефти, а также первичную сепарацию для частичного отделения пластовой воды, нефтяного газа и механических примесей с направлением отделенного газа по газопроводу на ГПЗ (газоперерабатывающий завод).

Подготовка нефти, попутного нефтяного газа и воды

Продукцией нефтяных скважин на начальной стадии освоения месторождения являются нефть и попутный нефтяной газ (нефтяной газ). По мере увеличения срока разработки месторождения нефть обводняется минерализованной, в основном хлористыми солями, водой. В результате продукцией нефтяных скважин становятся водонефтяная эмульсия (ВНЭ) и нефтяной газ. Вместе с нефтью из скважин на поверхность выносятся и механические примеси. Их количество в общей

массе добываемой нефти незначительно — в среднем не более 0,4 % масс. В добываемой продукции так же содержатся и такие вещества, как хлорорганические соединения, метил и этил меркаптаны, сероводород и другие, приводящие к коррозионному износу оборудования с отрицательными технологическими, экономическими и экологическими последствиями. В связи с этим в процессе сбора, транспортировки и подготовки нефти на промыслах применяют технологии по снижению примесей в нефти. Технологии разделения продукции нефтяных скважин направлены на получение составляющих фаз: нефти, минерализованной воды, нефтяного газа и при необходимости механических примесей и соли. При этом каждая из фаз должна отвечать отраслевым требованиям.

Поддержание пластового давления

На сегодня в нефтяной промышленности для повышения нефтеотдачи пластов используются мероприятия по поддержанию пластового давления (ППД). Система ППД представляет собой комплекс технологического оборудования необходимый для подготовки, транспортировки, закачки рабочего агента в пласт нефтяного месторождения с целью поддержания пластового давления и достижения максимальных показателей отбора нефти из пласта.

Методы воздействия на пласт

Тепловые методы воздействия на пласт — это методы интенсификации притока нефти и повышения продуктивности эксплуатационных скважин, основанные на искусственном увеличении температуры в их стволе и призабойной зоне. Тепловые методы применяются в основном при добыче высоковязких парафинистых и смолистых нефтей. Прогрев приводит к разжижению нефти, расплавлению парафина и смолистых веществ, осевших в процессе эксплуатации скважин на стенках, подъемных трубах и в призабойной зоне. Существует два способа воздействия на пласт — система закачки в пласт пара или горячей воды высокого давления и установка внутривпластового горения.

Вспомогательные процессы

Электроснабжение. Потребление и генерация электро- и тепловой энергии являются одним из важнейших аспектов при добыче нефти. Большие потребности в теплоэнергии обеспечиваются сжиганием топлива или попутного нефтяного газа.

Система охлаждения. Широкий диапазон методов используется в целях охлаждения на промышленных площадках. Выбор системы охлаждения зависит от необходимой температуры охлаждения, от мощности охлаждения, от риска загрязнения (контур первичного или вторичного охлаждения) и от местных условий.

При добыче нефти используют следующие системы охлаждения технологического оборудования:

- а) воздушную систему охлаждения;
- б) прямоточную систему охлаждения (природная вода);
- в) циркуляционную систему (оборотная вода, охлаждающая вода);
- г) закрытую систему охлаждения;
- д) систему смешанного типа (гибридную).

Водоснабжение. На нефтяных месторождениях вода используется для удовлетворения следующих нужд: производственных нужд (бурение нефтяных и нагнетательных скважин, подготовка нефти, подготовка и переработка газа, подготовка пластовых вод, подпитка оборотных систем водоснабжения технологических объектов, охлаждение насосов и компрессоров, приготовление реагентов различного назначения, профилактический и другие виды ремонта оборудования и аппаратуры, котельные установки и др.); хозяйственно-питьевых нужд, пожаротушения, обеспечения вахтовых поселков, полива зеленых насаждений и территории; поддержания пластового давления продуктивных горизонтов. В зависимости от потребности и качества вод, на территории месторождений и отдельных технологических объектов, и комплексов формируются соответствующие системы водоснабжения, включая в отдельных случаях и оборотные.

Резервуарный парк. Сырая и товарная нефть хранятся в резервуарах перед первичной подготовкой или подачей на

магистральный трубопровод. Резервуары для хранения нефти могут быть разделены на 4 основных типа: резервуары высокого давления, резервуары с фиксированной крышей и поднимающейся крышкой, и резервуары с плавающей крышей.

4.2 Наилучшие доступные технологии в нефтегазовой отрасли и рекомендации по их применению

К продуктам заводов нефтеперерабатывающей промышленности относятся топливо, топливная нефть, сжиженный нефтяной газ, смазочные масла и сырье для химических заводов (нафта - сырье для производства ацетилена, метанола, аммиака и др. химикатов). Не менее 25% себестоимости продукции нефтеперерабатывающих заводов составляют затраты на энергоресурсы. Основными потребителями энергии являются дистилляционные, выпарные и разделительные установки, где сырая нефть разделяется на ряд конечных продуктов: от пропана до тяжелой топливной нефти. При этом 50% энергии идет на колонну первичной ректификации (на нагрев и получение пара), 15% - для конечной обработки продуктов, 35% - на конверсию.

Экономия энергии в производстве каучука определяется внедрением новых технологических процессов производства дивинила, что снижает удельный расход тепловой энергии примерно в 2 раза, электрической - в 7 раз. Факторами, влияющими на снижение энергоемкости продукции при производстве автомашин и резинотехнических изделий, являются замена индивидуальных вулканизаторов-форматоров поточными линиями, внедрение низкотемпературной полимеризации, которая снижает длительность процессов на 20%.

Энергосбережению в нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности способствует:

- углубление переработки нефти с целью повышения выхода светлых нефтепродуктов;
- внедрение энергосберегающих технологий;
- реконструкция действующих технологических установок;

- внедрение схем промышленной теплофикации и замена парового привода;
- замена технологического оборудования на электрический;
- применение более эффективных катализаторов;
- автоматизация систем налива нефтепродуктов;
- внедрение прогрессивных технологий получения синтетического каучука;
- увеличение выпуска дивинила и изопрена на основе новых технологических процессов;
- внедрение энерготехнологических комплексов производства углерода.

На сегодняшний день самые наилучшие доступные технологии в нефтегазовой отрасли на территории Казахстана представлены в Табл. 4.2-1.

Табл. 4.2-1 Перечень наилучших доступных технологий

№ п/п	Наименование технологии
1.	Станции катодной защиты нового поколения типа «ПКЗ-АР»
2.	Установка турбодетандера для обеспечения собственных нужд
3.	Экономия газа с помощью мобильных компрессорных станций (МКС) при ремонтах трубопроводов ремонтируемого участка МГ
4.	Установка регуляторов давления газа с встроенным теплогенератором на объектах с большим перепадом давления
5.	Применение предварительного охлаждения воздуха на входе в ГПА на КС
6.	Использование системы промывки проточной части компрессоров ГПА
7.	Замена печей УН-0,2 на проточные электронагреватели нефти
8.	Балансировка станков-качалок скважин с установками ШГНУ
9.	Внедрение линейных штанговых глубинных насосов (LRP)
10.	Замена асинхронных двигателей на УСШН вентильными двигателями
11.	Замена печей ПТБ-10А

№ п/п	Наименование технологии
12.	Внедрение электрообогрева теплоспутников
13.	Изменение режима работы воздуходувок
14.	Перевод резервуаров воды на барботажный паровой обогрев
15.	Внедрение АБХМ для охлаждения потока нефти после АВО
16.	Реконструкция печей П-5
17.	Модернизация печей П-4эт
18.	Перевод скважин в периодический режим эксплуатации с применением интеллектуальных станций управления

4.2.1 Станции катодной защиты нового поколения типа «ПКЗ-АР»

Одной из основных задач предприятий нефтегазового сектора, является обеспечение высокой надежности поставок газа, а также целостность резервуаров для хранения нефти и газа. Решение ее во многом зависит от надежной работы резервуаров и магистральных трубопроводов нефти и газа, рассчитанных на многолетний срок эксплуатации, что определяется в основном степенью защищенности от подземной коррозии.

Катодные станции третьего поколения (на основе импульсного преобразования) появились относительно недавно (в текущем столетии).

Основные преимущества станций катодной защиты нового поколения, дающие возможность повысить эффективность использования потребляемой электроэнергии:

- модульная структура, позволяющая обеспечить наращивание выходной мощности путем подключения дополнительных модулей источников тока;
- работа в режиме автоматического поддержания поляризованного (суммарного) потенциала или защитного тока;
- высокий КПД (не менее 90 %);
- высокая точность поддержания заданного параметра (не хуже 1 %);

- обеспечение при необходимости автоматического выхода на рабочий режим резервного модуля (если он предварительно подключен к станции), либо вывод его в режим резерва;
- возможность подключения станции к различным системам телемеханики;
- защита от короткого замыкания в выходной цепи и восстановление работоспособности после устранения замыкания;
- автоматический выход на рабочий режим после исчезновения и последующего возникновения напряжения в питающей сети.

Энергосберегающий эффект при этом выражается разницей в потреблении электроэнергии станциями катодной защиты для двух сопоставляемых случаев:

- при продолжении эксплуатации устаревших катодных станций первого или второго поколений;
- при установке взамен устаревших катодных станций нового (третьего) поколения.

Кроме того, позволяет значительно экономить средства в связи с меньшим количеством выездов бригады монтеров для проведения ремонта в случаях отказов. Для объезда катодных станций используется передвижная лаборатория электрохимической защиты.

Экономить потребление электрической энергии за счет более высокого КПД (89 %) по сравнению с СКЗ первого поколения.

А также позволяет снизить ущерб от коррозионного разрушения труб при отказах СКЗ которые зависят от ряда показателей: коррозионной активности грунтов, прочностных свойств металла, состояния защитного покрытия и т.д.

Технический аспект: Повышение надежности и эффективности работы оборудования.

Экономический аспект: Главным требованием при реконструкции и замене оборудования является требование к применению высокоэффективных технологий, обеспечивающих снижение непроизводительных потерь. Экономия получается за счет высокого КПД нового СКЗ снижение по-

требления электрической энергии. Оценочный срок окупаемости составляет до 10 лет в зависимости от изменения стоимости оборудования и затрат на монтаж.

4.2.2 Установка турбодетандера для обеспечения собственных нужд

Турбодетандер – это техническое устройство по типу газовой турбины, работающие за счет перепада давления газа, не сжигая его.

Утилизационные турбодетандерные установки УТДУ-2500, мощностью 2,5 МВт установлены на Минской ТЭЦ-4, Гомельской ТЭЦ-2, Лукомльской ГРЭС, КС «Газпрома», Узбекистана и Украины. УТДУ-2500 изготавливается в блочно-комплектном исполнении и полностью автоматизирована. Может работать в параллельном режиме с несколькими аналогичными установками.

Все основное оборудование размещено в двух блок-боксах: блок-боксе технологическом и блок-боксе электротехническом. В первом блок-боксе расположены турбодетандер и электрогенератор.

В блок-боксе электротехническом находятся аккумуляторы, шкафы комплектно-распределительного устройства, агрегаты автоматики, высоковольтное оборудование и пульт управления. Блок-боксы имеют системы отопления, вентиляции, освещения, пожаротушения и контроля загазованности.

Для функционирования установки отводится часть газа из магистрального газопровода, идущего к ГРС. Понижение давления газа происходит в осевом пятиступенчатом турбодетандере; передача мощности к электрогенератору осуществляется с помощью трансмиссионного вала.

Управление УТДУ-2500-М У1 и ее основными элементами выполнено на постоянном оперативном токе напряжением 220 В. Поблочная транспортировка осуществляется железнодорожным, автомобильным и водным транспортом.

Технический аспект: Самый важный аспект установки турбодетендера – надёжное обеспечение собственных нужд электроэнергией.

Экономический аспект: Экономия заключается в получении собственной электроэнергии, снижение потребления электроэнергии из вне и как следствие снижение оплаты за нее. Оценочный срок окупаемости составляет от 2-4 лет в зависимости от изменения стоимости турбодетендера, монтажных и пуско-наладочных работ.

4.2.3 Экономия газа с помощью мобильных компрессорных станций (МКС) при ремонтах трубопроводов ремонтируемого участка МГ

Сохранение природного газа при проведении ремонтных работ на магистральных газопроводах (МГ) является одной из задач по снижению экологических рисков и повышению энергоэффективности.

Одним из способов выполнения этой задачи является применение технологии прокачки газа при помощи передвижных, мобильных компрессорных станций (МКС).

МКС представляет собой комплекс транспортируемых технологических блоков для откачки природного газа.

Комплект оборудования включает 2 мобильные компрессорные установки (МКУ), в каждой из которых используется компрессор высокого давления и газопоршневой двигатель.

Уникальность МКС заключается в мобильности комплекса, который может прибыть на любой удаленный объект и сохранить газ там, где нет возможности его выработать.

Использование МКС способствует решению задач по энергосбережению и минимизации объемов стравливаемого газа с максимальным экономическим и экологическим эффектом.

Сокращение эмиссии метана прямо пропорционально величине снижения давления на момент, предшествующий

выпуску газа. В среднем можно получить до 90 % товарного газа из объема, предполагаемого для выпуска в атмосферу из газопровода.

Применение передвижных компрессорных установок более целесообразно при отключении нескольких участков одновременно или последовательно при серийных ремонтных работах. Однако следует сказать, что скорость откачки передвижными компрессорными установками недостаточно высока, время откачки может составлять до 48 часов.

Экологические выгоды, предприятие может получить от применения передвижных нагнетательных компрессоров. Будут снижены плата за выбросы и получены углеродные инвестиции от применения технологии откачки.

Технический аспект: Мобильность оборудования, снижение потерь транспортируемого газа.

Экономический аспект: Потенциал экономии получается за счет продажи природного газа, который предполагался для выброса в атмосферу. Оценочный срок окупаемости до 2 лет, в зависимости от изменения стоимости и количества, приобретаемых МКС, а также от себестоимости природного газа.

4.2.4 Установка регуляторов давления газа с встроенным теплогенератором на объектах с большим перепадом давления

Для подачи топливного газа в системе ТКЦ используется газ с входным давлением не более 1,6 МПа. На редуцирующих узлах происходит снижение давления, при этом в процессе дросселирования, особенно в зимний период, возникает опасность критического понижения температуры и обмерзания корпуса редуцирующего узла (гидратообразование), а также необходимость дополнительного подогрева газа.

Предлагается установить на редуцирующем узле регулятор давления газа типа РДУ-Г, который, как и типовой регулятор предназначен для снижения и поддержания заданного значения выходного давления на объектах магистральных

газопроводов, но при этом оснащен встроенным теплогенератором, который за счет собственной кинетической энергии газа обогревает редуцирующий узел регулятора, исключая его обмерзание при больших перепадах давления.

Работа теплогенератора основана на принципе вихревого разделения потока. Газ под давлением, поступая на вход теплогенератора, попадает в улитку, где закручиваясь, разделяется на горячую и холодную составляющую. Горячая составляющая, проходя по спирали, нагревает теплоизлучающий патрубок, затем проходит по центру в обратном направлении и сбрасывается в выходной фланец регулятора через выходное отверстие.

Теплогенераторы смонтированы максимально близко к наиболее проблемной зоне регулятора, что позволяет эффективно предотвращать обмерзание редуцирующего узла. Отбор газа берется непосредственно из входного фланца регулятора через кран, а выход из теплогенераторов врезан в выходной фланец регулятора.

Предполагается установка непосредственно на место стандартного регулятора и в параллель с работой установка ПГА. В случае, когда отбор газа падает ниже 1000 м³/ч либо полностью прекращается, кран подачи газа на теплогенератор перекрывается, но при данных условиях гидратообразования не происходит.

В мероприятии принимается полная замена установки подогрева газа работой регулятора РДУ-Т. При этом такой регулятор выбирается как типовое оборудование и не требует специальных дополнительных огневых работ для установки.

Экономия газа достигается за счет исключения работы подогревателя газа на ГРС, и внедрения вместо штатного регулятора – модернизированного регулятора со встроенным теплогенератором.

Технический аспект: Повышение эффективности оборудования.

Экономический аспект: Потенциал экономии получается за счет снижения природного газа, который предполагался для потребления горелкой ПГА в зимний период. Оценочный срок окупаемости составляет до 3 лет, в зависимости

от изменения стоимости и количества, приобретаемых регуляторов РДУ-Т, а также от стоимости природного газа.

4.2.5 Применение предварительного охлаждения воздуха на входе в ГПА на КС

Компрессорные станции расположены в зоне континентального климата, летом температура достигает выше 35 °С. Как известно температура воздуха сильно влияет на мощность ГТУ, чем ниже температура воздуха, тем выше КПД ГТУ и на оборот, тем выше температура воздуха, тем меньше КПД. В жарких странах стали практиковать установки холодильных систем для повышения экономичности ГТУ. При наличии дешевого газа получается дешевое тепло, которое преобразуется в холод для охлаждения воздуха. Поскольку холодильный цикл также зависит от температуры окружающего воздуха и при этом потребляет электроэнергию, рассмотрим простейшую систему охлаждения воздуха за счет испарения воды.

Испарительная система состоит из системы распыла воды типа «Туман» или испарительных панелей типа «Celdek» 7090-15 фирмы Munters (Швеция)

Система испарительного охлаждения CELdek® 7090-15 используется там, где необходимо высокоэффективное охлаждение. Данный вид охлаждения может применяться в различных сферах.

Испарительные панели состоят из специально пропитанных волнистых слоёв трубчатой целлюлозы, где трубки, соединённые друг с другом, расположены под разным углом: наклонно (60°) или более плоско (30°).

Такая уникальная конфигурация панелей делает испарение высокоэффективным при очень низком капельном давлении. Предусмотрены минимальные размеры. Перетекание воды исключено благодаря тому, что вода направлена к той стороне панели, на которой происходит впуск воздуха.

Пропитка целлюлозы делает систему самоосушающейся, с высокой впитывающей способностью, а также защитой от

гниения и порчи, что делает систему надёжной и долговечной.

Имеет ряд преимуществ:

- Высокая эффективность испарения;
- Исключительно высокая увлажняющая способность;
- Низкие потери давления во влажном состоянии и, следовательно, более низкие эксплуатационные затраты;
- Отсутствие переноса воды с воздухом;
- Минимальное образование осадка;
- Самоочистка;
- Прочная самонесущая конструкция;
- Продолжительный срок службы;
- Низкие эксплуатационные затраты;
- Быстрый и простой монтаж;
- Экологически чистая технология.

Гофролисты из целюлозы (стеклопластика, картона, в 1 м³ площадь испарения 450 м²) орошаются водой, воздушный поток, проходя сквозь смоченную поверхность охлаждается за счет передачи теплоты на испарение воды. Регулирование температуры охлажденного воздуха обеспечивается изменением подачи воды. Растворенные вещества остаются в пленке воды и не уносятся в проточную часть ГПА, что является основным преимуществом рассматриваемых систем охлаждения по сравнению с системами «Туман», что позволяет снизить требования по водоподготовке. Недостатком испарительных систем является повышенное аэродинамическое сопротивление.

Кроме испарительных панелей Munters в Европе используются охладительные системы FRITERM (Турция), ALFA-LAVAL, LU-VI (Италия). На КС Украины используются системы «Туман» и Munters (поставщиком этих систем является компания ROXOR INDUSTRY, Санкт-Петербург, РФ).

Применение испарительных панелей для системы охлаждения входного воздуха газотурбинного привода изложены в статье журнала «Авиационно-космическая техника и технология», 2016г. №7(33) (ХАИ, Украина, ОАО «Мотор Сич»)

по материалам А.В. Мянчихин, И.И. Петухов, Ф.Г.Сорогин, Р.Ю. Турна.

Технический аспект: Повышение эффективности оборудования.

Экономический аспект: Потенциал экономии получается за счет предварительного охлаждения воздуха. Оценочный срок окупаемости составляет до 2 лет, в зависимости от изменения стоимости и количества, приобретаемых испарительных панелей, а также от стоимости природного газа.

4.2.6 Использование системы промывки проточной части компрессоров ГПА

ГПА КС работают в условиях повышенной запыленности из-за частых пылевых бурь, особенно в период май-июнь (сезон «бес кунак»). Загрязнение лопаточного аппарата осевого компрессора газотурбинного привода приводит к заметному снижению полезной мощности и КПД. По данным многочисленных исследований General Electric, Westinghouse, Газпром, загрязнения компрессора снижают производительность его на 5%, а полезной мощности ГТ на 13%, при этом удельный расход тепла увеличивается на 6%.

Для снижения влияния загрязнений и защиты лопаточного аппарата от эрозийного воздействия пыли на входе в компрессор устанавливают фильтрующие системы, после которых остаточная запыленность 0,3 -0,45 мг/м³. На эрозийный износ наибольшее влияние оказывают частицы 10 мкм с долей более 5% от общей массы пыли. Даже современные фильтры не могут обеспечить полную очистку от пыли. Для снижения загрязнения многие зарубежные фирмы устанавливают системы промывки компрессора на ходу, что позволяют поддерживать мощность и КПД ГПА на проектном уровне. Периодичность промывок также являлась предметом исследований. По результатам Губкинского университета нефти и газа оптимальным числом промывок для установок типа ГПА ГТК-10-4 является 6-7, при меньшем числе эффект

от промывок быстро теряется, а при большем числе затраты на промывки выше эффекта.¹⁹

Технический аспект: Повышение эффективности оборудования.

Экономический аспект: Потенциал экономии получается за счет поддержания стабильного КПД компрессора при снижении его запыленности и как следствие экономия газа. Оценочный срок окупаемости составляет до 1 года, в зависимости от изменения стоимости и количества промывок, а также от стоимости природного газа.

4.2.7 Замена печей УН-0,2 на проточные электронагреватели нефти

На некоторых нефтегазовых месторождениях подогрев нефти на скважинах осуществляется при помощи устьевых нагревателей УН-02, использующие в виде топлива дизельное топливо, что является экономически затратным и требует замены на более эффективные проточные электрические нагреватели.

Проточные электрические нагреватели (циркуляционные электронагреватели) серии RACAЕ во взрывозащищенном или общепромышленном исполнении, используются для нагрева жидкостей и газов под давлением в проточном режиме, в том числе для замкнутых контуров.

Также проточные нагреватели RACAЕ позволяют нагревать такие жидкости и газы, как:

- Вода, перегретая вода, гликолевые растворы, высокотемпературные органические и синтетические теплоносители, масла, мазуты и нефть, коррозионно-активные среды
- Воздух, пар (перегретый пар), азот, водород, природный газ, пропан, бутан и другие СУГ, попутный

¹⁹ (*Транспорт и хранение нефти и газа, №1-2, 2017 г. А.Ю.Федосеев, ООО "Газпром трансгаз Москва"; А.Ф.Калинин, Российский государственный университет нефти и газа имени И.М.Губкина ; Определение оптимальной периодичности промывки проточной части осевых компрессоров газотурбинных двигателей).

нефтяной газ, углеводородные газы и прочие летучие соединения.

Применение данного оборудования позволит значительно снизить затраты на подогрев нефти и потребление ТЭР.

Технический аспект: Использование более эффективного оборудования в технологическом процессе.

Экономический аспект: Потенциал экономии получается за счет отказа от оборудования, работающего на дизельном топливе. Оценочный срок окупаемости составляет до 3 лет, в зависимости от изменения стоимости и количества электронагревателей, а также от стоимости покупной электроэнергии.

4.2.8 Балансировка станков–качалок скважин с установками ШГНУ

Проблема повышения энергоэффективности ШГНУ в настоящее время стоит достаточно остро. В силу того, что ШГНУ используются, как правило, на обедненных скважинах с невысоким дебитом, а такие составляют достаточно большую долю в Казахстане, каждый литр нефти должен быть добыт с минимальными затратами.

Уравновешенность станка-качалки в вопросе энергопотребления ШГНУ носит определяющий характер. По вышеобозначенным причинам уравнивание станка стремятся выполнить по минимуму потребляемой энергии.

Регулирование уравновешенности осуществляется перемещением противовеса по кривошипу. Все противовеса уравнивает нагрузку на штоке ШГНУ, которая определяется динамическим уровнем, диаметром плунжера, плотностью жидкости и весом штанг в жидкости.

При проведении анализа токограмм можно выявить установки ШГНУ, для которых коэффициент неуравновешенности станков-качалок превышает допустимую величину - 5%.

Балансировка станка-качалки обеспечивает снижение нагрузок в приводе и наиболее экономичный режим электро-

потребления за счет уменьшения потерь электроэнергии и повышения коэффициента мощности и является поэтому экономически выгодным мероприятием.

Технический аспект: Повышение эффективности используемого оборудования в технологическом процессе.

Экономический аспект: Потенциал экономии получается за счет снижения нагрузок в приводе и уменьшения потерь электроэнергии. Оценочный срок окупаемости составляет до 1 года, в зависимости от выявленных отклонений в работе ШГНУ, а также от стоимости покупной электроэнергии.

4.2.9 Внедрение линейных штанговых глубинных насосов (LRP)

Уже в настоящее время на месторождениях совместно со станками качалками (СК) эксплуатируются линейно штанговые глубинные насосы (LRP) вместе с системой управления линейного привода штанговых насосов LRP (САУ ЛПШН), но их количество не велико.

Возможности системы:

- Контроллер Откачки. Привод временно отключается, если не в состоянии поддерживать заданное заполнение насоса на минимальной скорости.
- Автоматический перезапуск после отключения энергопитания или отказов.
- Мягкая посадка. Уменьшает удар плунжера о жидкость путем изменения скорости. Когда насос погружен в жидкость скорость восстанавливается.
- Управление подвеской и предотвращение разрывов штанг. Контроль минимальных и максимальных нагрузок. (Скорость замедляется, если нагрузка приближается к максимальной, предотвращая разрыв штанг).
- Значительно уменьшает износ подземного оборудования за счёт плавной работы механических частей насоса (до 50 %).
- Определение утечки в клапанах штангового насоса.

- Уменьшает энергопотребление за счёт оптимизации (20-50 %).

Кроме снижения потребления электроэнергии, можно отнести к положительному эффекту от использования штанговых насосов и экономию смазки, а также меньший износ оборудования, который проявится в технологическом процессе. Это позволяет говорить о снижении эксплуатационных издержек для нового оборудования в процессе работы

Технический аспект: Установка более новых энергоэффективных насосов снижает эксплуатационные нагрузки.

Экономический аспект: Потенциал экономии получается за счет снижения потребления электроэнергии до 50 %. Оценочный срок окупаемости составляет до 5 лет, в зависимости от изменения стоимости насосов, а также от стоимости покупной электроэнергии.

4.2.10 Замена асинхронных двигателей на УСШН вентильными двигателями

Особенность применения вентильных двигателей (ВД) в приводах скважинных штанговых насосных установках (СШНУ) состоит, прежде всего, в том, что его номинальная мощность может быть в 2 ÷ 3 раза меньше, чем у АД при обеспечении одной и той же перегрузочной способности по моменту.

Проведя сравнительный анализ СШНУ с приводами на базе АД и ВД вращательного движения можно отметить следующее, что применение ВД позволит уменьшить номинальную мощность и габариты электродвигателя, а также потери электроэнергии ориентировочно в 2 раза.

Необходимо отметить, что управление двигателями осуществляется от станций регулируемого привода серий ЭПБ-2, ЭПБ-3, ЭПБ-4 или цифровых приводов «Вектор» производства завода «ЧЭАЗ-ЭЛПРИ». Эти приводы поставляются совместно с электродвигателями, а стоимость их входит в стоимость вентильного двигателя.

Технический аспект: Установка более энергоэффективных двигателей снижает эксплуатационные нагрузки. Замена старых двигателей с пониженным коэффициентом полезного действия положительно влияет на производительность оборудования. Снижается количество простоев оборудования из-за выхода из строя.

Экономический аспект: Потенциал экономии получается за счет снижения потребления электроэнергии до 50 %. Оценочный срок окупаемости составляет до 5 лет, в зависимости от изменения стоимости двигателей, а также от стоимости покупной электроэнергии.

4.2.11 Замена печей ПТБ-10А

Существующие технологические печи подогрева нефти ПТБ-10А работают с неполной нагрузкой, неэффективно с большим удельным расходом топлива на единицу вырабатываемой тепловой энергии. Фактическая производительность печей ниже расчетной мощности. Фактические КПД печей составляют не более 65%.

С целью сокращения потребления природного газа лучше заменить существующие печи ПТБ-10А на новые аналогичные печи меньшей производительности.

Возможно не заменять печи, а просто установить дополнительно печи ПТБ-5-40А. Существующие печи ПТБ-10А вывести из работы и оставить в резерве на случай возможного увеличения нагрузки по объему перерабатываемой нефти.

Технический аспект: Установка новых печей снижает эксплуатационные нагрузки. Замена старых с низким КПД положительно влияет на производительность оборудования.

Экономический аспект: Потенциал экономии получается за счет снижения потребления газа. Оценочный срок окупаемости составляет до 5 лет, в зависимости от изменения стоимости печей.

4.2.12 Внедрение электрообогрева теплоспутников

При анализе работы сетей пара и конденсата можно отметить существенные недостатки всей системы пароснабжения. Протяженная и разветвленная кольцевая сеть с неорганизованным возвратом конденсата приводит к гидравлически неустойчивой работе системы возврата конденсата (возникновение гидроударов, застойных зон и опасность размораживания отдельных участков). Система работает с повышенными потерями тепловой энергии за счет увеличенных расходов пара, увеличенных параметров в конденсатопроводе, работы части пароприемников со сбросом конденсата в дренаж. Устранить эти недостатки возможно за счет перевода обогрева трубопроводов и оборудования (теплоспутников) с пара на электрообогрев саморегулирующимися кабелями. Паровой обогрев трубопроводов и оборудования в зимнее время является основным потребителем пара. При отсутствии этой нагрузки остальных потребителей пара возможно перевести на работу с конденсатоотводчиками и организовать сбор конденсата. Собранный конденсат предлагается использовать для разведения раствора МЭА и промывки угольных фильтров очистки раствора МЭА. Подогрев сетевой воды в сетевых подогревателях производить острым паром из котельной. Все эти мероприятия позволят сократить нерациональные расхода пара и потери тепловой энергии, снизить потребление воды.

В данном предложенном мероприятии рассматривается только замена парового обогрева теплоспутников на обогрев саморегулирующимся электрическим кабелем марки VC2-F. Этот способ обогрева имеет следующие достоинства:

- экономичный режим обогрева с минимально необходимой температурой обогреваемой поверхности;
- автоматическое регулирование тепловыделения при изменении температуры обогреваемой поверхности;
- кабель прокладывается нужной длины, не перегревается и не перегорает, применим во взрывоопасных зонах;

- кабель стоек к коррозии и химическому воздействию, термостойкость до 190 °С, возможно пропаривание обогреваемой поверхности без последствий для греющего кабеля.

Кабель крепится к обогреваемому трубопроводу клеящейся лентой (для лучшего контакта с поверхностью используется специальная паста) и покрывается теплоизоляцией. Для труб большого диаметра кабель может спирально наматываться на трубу в соответствии с расчетной длиной.

Технический аспект: Замена системы обогрева с паровой на электрообогревную, повышает эффективность и надежность использования оборудования и снижает эксплуатационные нагрузки в отопительный период. Организация схемы сбора и возврата конденсата.

Экономический аспект: Потенциал экономии получается за счет снижения расхода пара и тепловых потерь по сети, а также снижения объема подпиточной воды за счет возврата конденсата. Оценочный срок окупаемости составляет до 2 лет, в зависимости от изменения стоимости обогревающего кабеля и количества устанавливаемых конденсатоотводчиков.

4.2.13 Изменение режима работы воздуходувок

В мероприятии предлагается вывести из работы одну из трех работающих воздуходувок на линиях извлечения серы и работать только с двумя воздуходувками на каждой линии. На каждой из двух линий УИС установлены по три воздуходувки, которые предназначены для подачи дутьевого воздуха на горение в печи термических реакторов и в печи генераторов восстановительного газа.

При нормальном режиме все воздуходувки находятся в работе с нагрузкой порядка 70% от номинального значения, причем 30% подаваемого воздуха сбрасывается в атмосферу через антипомпажные линии.

Такой режим работы воздуходувок объясняется тем, что при внезапной остановке одной из них, остальные две полно-

стью обеспечат подачу необходимого количества воздуха для работы технологических печей. Но непрерывная работа всех трех агрегатов на каждой линии в результате приведет к постоянным аварийным остановкам то одной, то другой воздуходувки. И тогда придется вынуждено работать только на двух воздуходувках.

При работе двух воздуходувок потребляемая мощность каждой воздуходувки практически такая же, как и при работе трех.

С целью сокращения потребления электроэнергии и обеспечения постоянного резервного оборудования предлагаем работать постоянно только с двумя воздуходувками. Это позволит поочередно периодически проводить техническое обслуживание всех механизмов воздуходувок, что обеспечит их безаварийную работу с постоянным наличием исправного агрегата на каждой линии.

Технический аспект: Надежность и эффективная работа воздуходувок. Снижение эксплуатационной нагрузки.

Экономический аспект: Снижение объема потребления электроэнергии за счет вывода в резерв одной из трех воздуходувок. Данное предложение является организационно-техническим и не несет за собой материальные вложения.

4.2.14 Перевод резервуаров воды на барботажный паровой обогрев

В мероприятии предлагается перейти на обогрев резервуаров технической и сырой (пожарной воды) острым паром, то есть на подачу пара непосредственно в емкости с водой. В настоящее время резервуар технической воды и два резервуара сырой (пожарной) воды в зимний период обогреваются паром НД с помощью стальных трубчатых змеевиков, расположенных в нижней части резервуаров. Как показала практика, возврат конденсата из подогревателей этих баков затруднен и большей частью сливается на рельеф. При этом теряется природный ресурс – вода, а также тепловая энергия с физического теплого конденсата.

С целью экономии воды и тепловой энергии предлагаем выполнить перфорацию в теплообменных трубах и осуществлять прямой подогрев воды паром. При этом расход пара уменьшится за счет полного использования физического тепла конденсата и не будет потерь воды.

Технический аспект: Надежность системы обогрева баков с водой в зимнее время.

Экономический аспект: Потенциал экономии получается за счет снижения объема подпиточной воды за счет исключения слива конденсата. Предложение относится к организационно-техническим мероприятиям и все работы выполняются собственными силами.

4.2.15 Внедрение АБХМ для охлаждения потока нефти после АВО

В мероприятии предлагается внедрить систему дополнительного охлаждения нефти после аппаратов воздушного охлаждения (АВО) за счет абсорбционной холодильной машины АБХМ. За счет этого в летний период будет гарантирована проектная производительность линий подготовки нефти.

В настоящее время в самый жаркий период существующие аппараты воздушного охлаждения не обеспечивают поддержание регламентной температуры. Температура отправляемой нефти в резервуары товарной нефти должна быть не более 53°C. Поэтому иногда приходится снижать производительность по потоку нефти. Для снижения температуры нефти внедрено аэрозольное орошение охлаждающего воздуха деионизированной водой в АВО. Но при дальнейшей эксплуатации с увеличением производительности по нефти и снижения эффективности в АВО за счет загрязнения поверхностей теплообмена потребуются дополнительные мероприятия по снижению температуры нефти.

С целью обеспечения гарантированного поддержания температуры нефти предлагаем установить по одной абсорбционной холодильной машине АБХМ на каждой линии УПН.

Предлагается применить АБХМ фирмы Thermax, она является ведущим производителем абсорбционных холодильных машин. Thermax – это международная корпорация с офисами в 19 странах мира. В собственности компании находятся заводы в Германии, США, Дании, Индии и Китае. Фирма производит более 1000 АБХМ в год.

АБХМ состоит из четырех основных частей: конденсатора, испарителя, генератора и абсорбера смонтированных в одном корпусе. Принцип действия АБХМ состоит в том, что водяные пары из испарителя поглощаются (абсорбируются) крепким раствором бромистого лития, который потом регенерируется в генераторе. Из слабого раствора вода выпаривается за счет подаваемого теплоносителя (пара или горячей воды). Пары воды конденсируются в конденсаторе за счет охлаждающей оборотной воды и поступают в испаритель, где конденсат вскипает за счет поддерживаемого глубокого вакуума и тепла охлаждаемой воды. Температура кипения в испарителе поддерживается на уровне 4°C. За счет этого происходит охлаждение хладагента (воды) до 7°C. АБХМ комплектуется вакуумным насосом и циркуляционным насосом абсорбента. Система охлаждения нефти с дополнительным теплообменником и оборотной охлаждающей воды для АБХМ проектируется и выполняется отдельно с насосным оборудованием и аппаратом воздушного охлаждения.

Предлагаемые АБХМ могут работать на горячей воде или на паре низкого давления. От выбора источника тепла зависит конкретная марка машины. Также производитель может изготовить АБХМ с учетом фактических параметров греющего теплоносителя у Заказчика. Для условий работы на ОРФ возможно использовать пар НД или возвращаемый конденсат НД. С точки зрения экономии энергоресурсов наиболее целесообразно использовать тепло конденсата НД. В настоящее время конденсат перед поступлением в конденсатные баки охлаждается в аппаратах воздушного охлаждения с 120 до 85°C. Количество "сбрасываемой" тепловой энергии в атмосферу при таком охлаждении конденсата в среднем составляет порядка 20 Гкал/ч. Возможно часть воз-

вращаемого конденсата предварительно направлять в качестве греющего теплоносителя в АБХМ.

В контур охлаждающей воды предлагается установить горизонтальные блочные секции аппаратов воздушного охлаждения.

Технический аспект: Однозначное повышение энергоэффективности оборудования.

Экономический аспект: Главным требованием при реконструкции и замене оборудования является требование к применению высокоэффективных технологий, обеспечивающих снижение до уровня рентабельности. Потенциал экономии получается за счет стабильной подачи нефти. Оценочный срок окупаемости составляет до 5 лет.

4.2.16 Реконструкция печей П-5

При анализе работы печей П-5 выявлена низкая их энергоэффективность из-за конструктивных недостатков. Относительно малая величина теплообменной поверхности по сравнению с объемом печи приводит к значительным потерям с уходящими газами. Температура дымовых газов на выходе печи составляет порядка 300 °С. Коэффициент полезного действия печи не превышает 65 %.

С целью повышения КПД печи и экономии топочного газа предлагается выполнить реконструкцию печей с увеличением теплообменной поверхности для нагрева теплоносителя. Конструктивно возможно добавить к правому и левому змеевику по несколько петель из труб меньшего диаметра, например, наружным диаметром 57 мм. Добавочные поверхности разместить ближе к боковым стенам в их верхней части.

Добавляемая часть с левой стороны симметрична правой части. Это позволит увеличить общую теплообменную поверхность печи на 10 %. Для более точного выбора размеров дополнительной поверхности теплообмена необходимо выполнить конструкторские чертежи с необходимыми тепловым и гидравлическим расчетами.

Увеличение теплообменной поверхности на 10 % позволит снизить потери с уходящими газами в пределах 5 %. Соответственно, и КПД печи увеличится на 5 %.

Технический аспект: Однозначное повышение энергоэффективности оборудования за счет увеличения КПД.

Экономический аспект: Главным требованием при реконструкции оборудования является требование к применению высокоэффективных технологий, обеспечивающих снижение потерь до уровня рентабельности. Потенциал экономии получается за счет снижения потерь с уходящими газами и экономии топливного газа. Оценочный срок окупаемости составляет до 2 лет.

4.2.17 Модернизация печей П-4эт

Печь П-4эт работает без возможности регулирования подачи дутьевого воздуха на горение. Большую часть времени горение в печи происходит с повышенными коэффициентами избытка воздуха. При этом, соответственно, увеличиваются потери теплоты с уходящими газами. Коэффициент избытка воздуха в топке составляет в пределах 2,5. Для гарантированного обеспечения полного сгорания газа при существующих горелках достаточно иметь коэффициент избытка воздуха до 1,5.

С целью повышения энергоэффективности работы печей и снижения расхода топливного газа необходимо внедрить систему автоматического регулирования подачи дутьевого воздуха на горение и выполнить теплоизоляцию конвективной камеры печей. Теплоизоляцию конвективной камеры предлагается выполнить из муллитокремнеземистых плит марки МКРП-340.

Для регулирования подачи дутьевого воздуха предлагается установить на дутьевых вентиляторах установки ЧРП. Это позволит регулировать производительность вентиляторов и поддерживать режим горения с оптимальным соотношением «газ-воздух». При этом, также снизится потребление электроэнергии на привод дутьевых вентиляторов. Процент

снижения производительности дутьевых вентиляторов принимается в среднем по году 15 %, исходя из необходимости снижения средних значений коэффициента избытка воздуха.

Технический аспект: Однозначное повышение энергоэффективности оборудования за счет увеличения КПД.

Экономический аспект: Главным требованием при реконструкции оборудования является требование к применению высокоэффективных технологий, обеспечивающих снижение потерь до уровня рентабельности. Потенциал экономии получается за счет снижения потерь с уходящими газами и экономии топливного газа. Оценочный срок окупаемости составляет до 2 лет.

4.2.18 Перевод скважин в периодический режим эксплуатации с применением интеллектуальных станций управления

Перевод малодебитных скважин в периодический режим эксплуатации позволяет существенно снизить потребление электроэнергии. Однако, полная остановка скважин в режиме накопления может стать причиной повышения вязкости продукции из-за охлаждения и остановки скважин.

В этом случае, перевод в периодическую эксплуатацию может быть реализован применением интеллектуальных станций управления с ПЧ. При их применении полной остановки скважин не происходит, в режиме накопления происходит автоматическое снижение частоты, и за счет этого достигается экономия электроэнергии в среднем на 25 % по каждой скважине.

Станция управления является универсальной, и применяется как для ШГН, так и для ВН.

Технический аспект: Повышение энергоэффективности оборудования.

Экономический аспект: Потенциал экономии получается за счет снижения потребления электроэнергии. Оценочный срок окупаемости составляет до 2 лет в зависимости от изменения стоимости интеллектуальных станций управления.

4.3 Экономические аспекты реализации наилучших доступных технологий в нефтегазовой отрасли

В международной практике для оценки экономических аспектов при внедрении наилучших технологий, использует метод дисконтированных денежных потоков с учетом данных о затратах и эффектах, связанных с внедрением технологии за весь жизненный цикл. Обоснование существенных аспектов такой оценки, например, коэффициента дисконтирования, порядок учета инфляции и т.д. идентично тому, которое применяется при оценке экономической эффективности инвестиционных проектов.

Реализация мероприятий подразумевает внедрение, замену/ реконструкцию/ модернизацию технологического оборудования или отдельных его элементов, что должно привести к повышению эффективности внедряемых и существующих производственных процессов.

Следует отметить, что переход на наилучшую технологию не должен ухудшать экономические показатели работы предприятия. При выделении природоохранных затрат могут возникнуть серьезные трудности. Во-первых, затраты на внедрение природоохранной техники (яркий пример — очистные сооружения) могут быть значительно больше положительных эффектов в денежном выражении. Во-вторых, обоснование отнесения затрат к категории природоохранных часто вызывает сложности, т.к. бывает сложно определить, какая часть технологического оборудования внедряется с целью обновления основных производственных фондов, а какая — для снижения негативного воздействия на окружающую среду. Выделение затрат, направленных непосредственно на охрану окружающей среды, может быть оправдано в том случае, когда можно выделить конкретную технологическую установку, обеспечивающую природоохранный эффект.

Технологическое оборудование, используемое в добыче природного газа и нефти, представлено широкой номенклатурой, его индивидуальные показатели зависят от характеристик конкретного месторождения и характеристик добываемого сырья. В связи с этим невозможно установить удельные

капитальные и эксплуатационные затраты однотипные на все предприятия.

Поэтому при обосновании доступности технологий необходимо использовать следующие критерии и показатели экономической эффективности, чистый дисконтированный доход, внутренняя норма доходности, срок окупаемости с учетом дисконтирования.

4.4 Перспективные технологии в нефтегазовой отрасли

4.4.1 Турбогенераторная установка «ТурбоСфера»

Турбогенераторная установка «ТурбоСфера» (ТГУ «ТурбоСфера») — это инновационная разработка, созданная группой компаний ТурбоСфера: ООО «Научно-инжиниринговый центр «ЭнергоТех» резидентом ГП «Научно-технологический парк БНТУ «Политехник», участником Сколково ООО «ТурбоЭнерджи» и резидентом Научно-технологического Парка Белостока ООО «ТурбоЭнерджи».

Данная разработка предназначена для генерации дополнительной электрической энергии за счет перепада давления природного газа, что позволяет увеличить коэффициент использования топлива, получить экологически чистый источник электроэнергии, а также дополнительный доход для предприятия, эквивалентный годовой экономии на покупке электрической энергии из внешней сети.

ТГУ «ТурбоСфера» представляет собой инновационное решение, применяемое на газораспределительных станциях (ГРС), газорегуляторных пунктах и установках (ГРП и ГРУ) в газотранспортных системах, промышленности, коммунальном секторе и энергетике с целью полезного использования энергии избыточного давления природного газа.

Основное отличие установок ТурбоСфера от турбодетандеров и детандер-генераторных установок заключается в том, что она способна работать в широком диапазоне расходов и давлений газа, сохраняя при этом требуемые параметры и качество генерируемой электроэнергии; является надеж-

ной, относительно недорогой установкой, минимальными требованиями к техническому обслуживанию. ТурбоСфера применима как для автономного энергоснабжения, когда главной целью ставится обеспечение потребностей в электроэнергии потребителей собственных нужд объекта, так и для параллельно работы с внешней сетью, когда целью является генерация максимума мощности с использованием всего потенциала газового потока с выдачей электроэнергии во внутреннюю сеть предприятия и с продажей (при необходимости) избыточной мощности во внешнюю сеть.

Указанные преимущества достигаются главным образом за счет:

1. Оригинальной запатентованной конструкцией, в которой присутствует высокая степень использования стандартных элементов, деталей и узлов местного производства, что исключает также зависимость от импорта.
2. Применения общепромышленных асинхронных генераторов и подшипниковых узлов с консистентной смазкой, а также отсутствия динамических уплотнений.
3. Относительной простоты конструкции, за счет минимизации количества деталей и элементов, а также тихоходности турбогенератора (синхронная частота вращения ротора - 3000 об/мин).
4. Кроме того, реализована схема многоступенчатого расширения газа на одном рабочем колесе с возможностью промежуточного подогрева газа в процессе расширения посредством встроенного теплообменника-нагревателя, используя низкопотенциальное тепло и тепловые отходы предприятий.
5. Установка предназначена для работы не только на природном газе, но и с другими неагрессивными газами.

4.4.2 Увеличение нефтеотдачи на основе АСП

Около 60-70 % нефти не добываются обычными технологиями (например, заводнением) и остается в недрах. Технология химического заводнения на основе закачки в пласт анионного поверхностно активного вещества (ПАВ), соды и полимера (АСП) – одна из технологий, позволяющих извлечь остающуюся в недрах нефть. Данная технология позволяет добыть дополнительно до 30 % нефти, оставшейся в пласте. Компания СПД реализует пилотный проект по закачке в пласт АСП на Салымской группе месторождений.

Заводнение с использованием АСП – это более совершенная технология повышения нефтеотдачи пласта по сравнению с обычным заводнением. Здесь используются вещества, снижающие межфазное натяжение (сода и ПАВ), и вещества, повышающие подвижность нефти (полимер). Эти три вещества закачиваются в пласт через сеть нагнетательных скважин уже после проведения обычного заводнения. Поверхностно активные вещества уменьшают капиллярные силы, удерживающие нефть в мелких порах породы при заводнении, а полимер повышает охват заводнения и эффективность вытеснения нефти на микроскопическом уровне. Совместное использование ПАВ и соды позволяет повысить мобильность нефти в пласте, а полимер увеличивает область вытеснения нефти по сравнению с обычным заводнением. В результате действия ПАВ и соды повышается эффективность вытеснения нефти, которая поступает в добывающие скважины. При этом общее количество добываемых флюидов остается на прежнем уровне, однако уменьшается количество добываемой воды и увеличивается количество нефти.

СПД ведет исследования данной технологии с 2008 года. Совместно с акционерами концерном «Шелл» и компанией «Газпром нефть» компания провела масштабные работы по определению оптимального состава АСП, который должен максимально соответствовать составу пластовых вод и минералогии породы. Для этой цели проводились серии лабораторных испытаний с созданием условий, наиболее приближенных к условиям конкретных залежей. После этого специ-

алисты СПД проверили эффективность выбранного состава по керну, извлеченному из коллектора. На основе результатов лабораторных экспериментов была создана модель коллектора с соответствующими характеристиками, с помощью которой в 2009 году СПД провела практический тест на одной скважине. Результаты полевых исследований оказались весьма обнадеживающими. После химического заводнения отмечено вытеснение 90 % остаточной нефти, что рассматривается как технический предел. Собранные в ходе полевых испытаний результаты позволили компании сформировать проект по применению АСП на Салымской группе месторождений, пилотная фаза которого была одобрена акционерами СПД.

С 2013 года СПД реализует пилотный этап проекта АСП. Компания пробурела 5 скважин и ведет строительство объектов инфраструктуры, необходимых для реализации проекта: трубопровода, установки АСП и блока разделения эмульсии.

4.4.3 Генератор плазменноимпульсного воздействия (ПИВ)

Источник колебаний по техническим параметрам полностью соответствует характеристикам, присущим нелинейным системам энергоемкий, выделяет значительное количество энергии с высокой температурой (25 000–28 000 °С) за короткий промежуток времени (5 053 мкс), формирует ударную волну с избыточным давлением, многократно превышающим пластовое. За счет технологических ограничений ударная волна распространяется направленно через перфорационные отверстия по профилю каналов. Создаются вынужденные периодические колебания в окружающей среде (продуктивная залежь) со значительной амплитудой. Плазменноимпульсное воздействие инициируется в естественных (реальных) геологических условиях без добавок химических реагентов при любой обводненности скважины, и способствует возникновению параметрического резонанса в целом в системе, при этом возмущенная среда не оказывает на источник колебаний

никакого обратного воздействия. Таким образом, генератор ПИВ является идеальным широкополосным (112 000 Гц) нелинейным возбудителем. Вызываемые в продуктивном пласте резонансные колебания позволяют очистить существующие и сформировать новые фильтрационные каналы на удалении более 1 500 метров от очага воздействия. Кроме масштабного воздействия создание плазмы позволяет решать и локальные задачи по очистке призабойной зоны скважин. Мгновенное расширение плазмы создает ударную волну и последующее охлаждение, а сжатие плазмы вызывает обратный приток в скважину через перфорационные отверстия, что на начальном этапе обработки скважины способствует выносу колюматизирующих веществ в ствол скважины.

Основная область применения:

- Вызов притока жидкости в скважину на этапе освоения в коллекторах любой геологической сложности.
- Увеличение дебита добывающих скважин при любой обводненности.
- Увеличение дебита добывающих скважин на месторождениях поздней стадии разработки.
- Обводненность на них значительно снижается, а продуктивность повышается.
- Увеличение приемистости нагнетательных скважин на коллекторах любой сложности.
- Выравнивание профиля приемистости нагнетательных скважин.

Ток высокого напряжения – 3 000 В от батареи накопительных конденсаторов подается на электроды, которые замыкаются калиброванным проводником, что приводит к его взрыву и образованию плазмы в замкнутом пространстве. Во время взрыва происходит освобождение энергии, переходящей в состояние сильно нагретого газа с очень высоким давлением, который, в свою очередь, с большой силой воздействует на окружающую среду, вызывая ее движение. При электрическом разряде в жидкости через калиброванный металлический проводник образуется плазменный канал. Сам проводник превращается в газ (пар), в котором происходит повышение давления, плотности и температуры среды, то

есть образуется взрывная волна. Резкий скачкообразный переход вещества из исходного состояния в состояние с очень высоким давлением и температурой представляет собой ударную волну, которая распространяется со сверхзвуковой скоростью. Передний фронт ударной волны, имеющий избыточное давление, передает состояние движения от одного слоя к другому. В результате область, охваченная воздействием, быстро расширяется. При взрыве в жидкой среде максимальное давление достигается в момент сжатия среды в ударной волне. При распространении взрывной волны в твердых упругих средах ударный фронт сравнительно быстро исчезает, и взрывная волна превращается в ряд последовательных колебаний, распространяющихся со скоростью упругих волн.

Упругие свойства горных пород характеризуются модулем объемной упругости и зависят от минералогического состава, структуры, глубины залегания коллектора, величины прилагаемой нагрузки. Продуктивная залежь, представляющая собой газожидкостную двухфазную среду, находящуюся в упругом состоянии в термобарических условиях пласта, слоиста, при этом каждый слой имеет свою частоту (нелинейная система). В залежи постоянно идут незатухающие колебания, поддерживаемые внешними источниками энергии (солнечно лунные приливы, удаленные землетрясения и т.д.). Эти колебания происходят в нелинейной диссипативной (неравновесной) среде, вид и свойства которых определяются самой системой (автоколебательный режим). Совокупность направлений, в которых распространяется поле упругих колебаний, определяется направляющими свойствами коллектора, в частности, его расчлененностью, а его затухание определяется резонансными свойствами каждого слоя. Таким образом, продуктивная залежь является нелинейным осциллятором (совокупность колебаний) в неравновесной среде. ПИВ создает благоприятные условия, способствующие миграции нефти и газа в породах различной проницаемости. Образуются новые трещины и каналы в целиках, линзах, тупиковых зонах между скважинами, а также в порах обводненного пласта. Плазменноимпульсное воздействие на про-

дуктивную залежь можно рассматривать как «взаимодействие нелинейного широкополосного идеального возбудителя с нелинейным осциллятором». В неравновесной среде даже незначительные возмущения вызывают непропорционально большие результаты. При совпадении амплитудночастотных характеристик широкополосного источника возбуждения (плазменный импульс) с круговой частотой нелинейного осциллятора (продуктивная залежь) возникает эффект параметрического резонанса.

Применение технологии плазменноимпульсного воздействия на нефтегазовом месторождении

В декабре 2008 г. ООО НПЦ «ГеоМИР» в сотрудничестве с АО «MND a.s.» успешно выполнило проект по повышению нефтеотдачи пласта путем применения технологии плазменноимпульсного воздействия (ПИВ) на месторождении высоковязкой нефти Жданице. Работы были выполнены с помощью аппаратуры плазменноимпульсного воздействия, основанной на электрогидравлическом резонансном воздействии. Данная технология разработана на кафедре геофизических и геохимических методов поиска и разведки месторождений полезных ископаемых Национального минерально-сырьевого университета «Горный» (Горный университет) под руководством профессора А. А. Молчанова совместно с научно-производственным центром ООО НПЦ «ГеоМИР». Аппаратура плазменноимпульсного воздействия предназначена для возбуждения мощных гидроакустических ударов (разрядов) в глубоких скважинах, заполненных жидкостью, для решения задач, связанных с интенсификацией работы вскрытых нефтяных коллекторов с целью повышения дебита эксплуатационных и приемистости нагнетательных скважин. В основу работы аппаратуры положен эффект воздействия на стенки скважины и вмещающие породы мощной волны сжатия, возникающей в результате интенсивного расширения плазменного канала, образующегося между специальными электродами скважинного прибора, при разряде батареи высоковольтных конденсаторов.

Обработка эксплуатационных скважин производится с помощью аппаратуры «Приток1М». Источник спускается в

скважину на стандартном трехжильном кабеле с помощью геофизической лебедки каротажного подъемника. По геофизическому кабелю осуществляется питание скважинной аппаратуры электрическим током, управление работой глубинного блока и контроль режима работы аппаратуры и параметров обработки скважин. Время обработки и количество импульсов воздействия на пласт определяется толщиной и параметрами продуктивного интервала. Обработка проводится во время проведения капитального или профилактического ремонта скважин, продолжительность, в среднем, занимает около 8–10 ч. после извлечения из скважины глубинного насосного оборудования. Данная технология позволяет не только повысить в несколько раз или восстановить дебит добывающих скважин, но и снизить содержание воды в продукции скважины, увеличить нефтеотдачу продуктивного пласта.

После обработки технологией плазменноимпульсным воздействием интервала перфорации скважины, дебит нефти относительно первоначального (до обработки ПИВ) вырос на 39 % и в среднем составил около 5,0 м³ /сут., а обводненность снизилась на 50 % и составила около 6 %. В дальнейшем, дебит скважины в среднем составил 4,5 м³ /сут. стабилизировался на протяжении четырех месяцев. Отдельные колебания дебита от среднего значения (4,5 м³ /сут.) связаны, в основном, с изменениями технологического режима работы скважины. Отметим, что срок окупаемости от внедрения технологии плазменноимпульсного воздействия на месторождении Жданице составил 122 дня, а продолжительность эффекта – около 1 года.

4.4.4 Умные скважины

«Умные скважины» – одна из инновационных технологий, применяемых на Салымском нефтепромысле для эффективной нефтедобычи. Она позволяет вести одновременно раздельную эксплуатацию двух объектов разработки. При использовании этой технологии применяется автоматизиро-

ванное внутрискважинное оборудование, обеспечивающее непрерывный сбор и передачу на поверхность данных о параметрах добычи или закачки жидкости в пласт в реальном времени. Технология «умных скважин» позволяет в режиме реального времени вести отдельный учет добычи по отдельным пластам — объектам разработки, а также регулировать закачку воды по пластам в нагнетательных скважинах.

Традиционные скважинные компоновки не обеспечивают такой возможности: в скважине необходимо провести дополнительные работы, чтобы определить, из каких пластов идет приток или в какие интервалы осуществляется закачка воды. А чтобы изменить профиль притока или закачки, проводится еще и комплекс дорогостоящих ремонтных работ. Более того, технология «умных скважин» привлекательна с точки зрения экономики и экологии проекта, так как с ее внедрением уменьшается количество кустов скважин и объемы строительства внутри промысловой инфраструктуры, а также соблюдаются требования законодательства в области охраны недр.

На Салымской группе месторождений опытно промышленная эксплуатация «умных скважин» началась в 2006 г. К настоящему времени данное оборудование установлено на 23 скважинах нефтепромысла.

4.4.5 Новая модель 9832 Oil Field Series™ повышенной мощности для нагнетания давления от Allison Transmission

Allison Transmission Holdings Inc. представила новую модель 9832 Oil Field Series™ мощностью 3 200 лс (2 386 киловатт) для нагнетания давления в сложной среде. Модель была представлена на 15-й китайской международной выставке оборудования нефтегазовой и нефтехимической отрасли в Пекине.

Модель 9832 OFS была специально разработана для подачи постоянного крутящего момента и максимальной мощности для нагнетания давления в самых сложных породах.

Кроме того, она на 44 процента легче, чем ее конкурирующие аналоги, что обеспечивает лучшее в своем классе соотношение «мощность вес».

В последние годы топливноэнергетическая отрасль испытывает потребность в большей мощности на рабочих площадках, как это происходит, например, в Китае, где залежи сланцевой нефти и газа залегают на большей глубине и для извлечения углеводородов требуется более высокое давление. Вместе с тем, плохие дорожные условия и горная местность в этих областях зачастую ограничивают размер и количество оборудования, которое может быть доставлено на рабочие площадки модель 9832 OFS компании Allison решает эти проблемы.

4.4.6 Инновационные технологии при эксплуатации малодобитных нефтяных скважин

Стремление нефтяных компаний снизить эксплуатационные затраты, сократить простой скважин в связи с ремонтом насосного оборудования и более эффективно использовать свой персонал обуславливают возросший интерес к автоматизации процессов нефтедобычи, в частности к системам автоматизации скважин, эксплуатируемых ШГН.

В последнее время стал популярным термин «интеллектуальная скважина», который означает полностью автоматическое управление электроприводом скважинного насоса и дистанционный контроль всех параметров на диспетчерском пункте.

Практически все современные СУ для скважин имеют в своем составе контроллер для реализации интеллектуальных функций контроля и управления.

Эффективность работы нефтедобывающего оборудования в значительной степени определяется системами управления электроприводами. Применительно к электроприводам скважинных насосов системы управления включают в себя набор технологических датчиков $D_1, D_2 \dots D_n$ (датчики устьевого и затрубного давления, температуры, расхода, уровня

жидкости, усилия в точке подвеса штанг и параметров движения штока, электрических параметров ЭД и других), контроллер, ПЧ для регулирования скорости вращения приводного ЭД и блок передачи информации БПИ (рисунок 3.4.19).

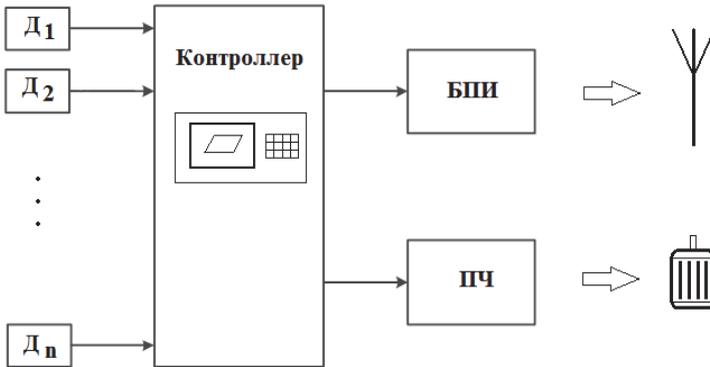


Рисунок 3.4.19 Структура системы управления
электроприводами скважинных насосов

Ниже рассматриваются СУ ШГН, получившее распространение на нефтепромыслах в последние годы.

Станции управления LWM VSD и REGEN фирмы LufkinAutomation (США)

Станции управления LWM VSD и REGEN построены на базе контроллера “SAMWellManager” фирмы LufkinAutomation (США). Компания провела испытания своих СУ с ЧПП LWM VSD на ряде месторождений РФ и активно внедряет их. Также компанией разработана СУ REGEN с функцией регенерации энергии в сеть (рисунок 3.4.20). Следует отметить, что в СУ ШГН с ЧПП фирмы LufkinAutomation устанавливаются преобразователи частоты фирм Toshiba и АВВ. Массовое внедрение СУ с ЧПП фирмы LufkinAutomation сдерживается достаточно высокой стоимостью, а также трудностями с адаптацией и ремонтом оборудования, вызванными удаленностью разработчиков от потребителей.

СУ REGEN предназначена для работы с ШГН и винтовыми насосами. В СУ используется скважинный контроллер LufkinWellManager и частотный преобразователь ACS 800 производства фирмы АВВ. Можно выделить следующие преимущества данной СУ:

- 1) относительно низкий уровень помех, вносимых преобразователем частоты (ПЧ) в сеть;
- 2) возможность регенерации энергии в сеть при отрицательной нагрузке на валу двигателя;
- 3) использование внутривоходовой модуляции, то есть различная скорость движения штанговой колонны при подъеме и спуске;
- 4) защита редуктора от перегрузок.

Низкий уровень вносимых в сеть помех достигается благодаря конструктивным особенностям ПЧ ACS 800, выпрямитель которого выполнен по управляемой схеме на транзисторах.

Следует отметить, что сама необходимость отдачи энергии от установки ШГН в сеть вызывает большие сомнения по нескольким причинам:

- 1) переход двигателя в генераторный режим свидетельствует о плохой балансировке установки ШГН и после уравновешивания отдача энергии в сеть прекратится;
- 2) отдаваемая энергия должна потребляться в сети нефтепромысла, так как сетевой энергоснабжающей организации она не нужна;
- 3) стоимость ПЧ с генерацией энергии в сеть чрезвычайно высока (в несколько раз выше стоимости обычного ПЧ), поэтому срок окупаемости такой СУ будет очень длительным.

Станция управления фирмы Unico(США)

В станции управления ШГН фирмы Unico к контроллеру подключаются датчики динамометрирования и ваттметрирования. Частотное управление электроприводом ШГН по запатентованным фирмой алгоритмам обеспечивает максимальную отдачу жидкости скважиной, сокращение числа аварий, оптимизацию потребления электроэнергии. Нужно

отметить, что фирма Unico сама является и производителем ПЧ, которыми комплектуется свой СУ.

Станции управления ePACII и WellPilot фирмы Weatherford(США)

Фирма Weatherford предлагает две станции управления с ПЧ: ePACII и WellPilot. Их использование позволяет снизить механические нагрузки на оборудование, уменьшить энергопотребление, поддерживать низкий динамический уровень, не допуская срыва подачи, поддерживать максимальный момент при любой скорости вращения двигателя. Имеется возможность автоматического определения оптимальной для данной скважины скорости качаний. В СУ осуществляется защита двигателя от междуфазных замыканий, от падения напряжения или перенапряжений, от перегрузки по току, от перегрева. Выпрямитель ПЧ выполнен на 6 диодах, инвертор – на шести IGBT-транзисторах с частотой коммутации от 2 до 8 кГц. Частота выходного напряжения при векторном управлении – до 120 Гц, при скалярном – до 300 Гц.

Контроллер WellSim фирмы ООО «Нафтаматика» (г. Москва)

Одной из новейших разработок в области скважинных систем управления является контроллер WellSim фирмы ООО «Нафтаматика» (г. Москва). Данный контроллер создавался с использованием элементной базы фирмы “NationalInstruments” (США), прошел эксплуатационные испытания в ОАО «Татнефть».

Среди особенностей системы следует отметить отказ от клавиатуры и использование сенсорного цветного дисплея в контроллере WellSim.

Следует отметить, что разработчики контроллера WellSim усовершенствовали известные методики определения дебита скважин по динамограммам и сертифицировали свою систему как средство измерения количества сырой нефти, добываемой из скважины, и давления на приеме насоса.

Однако пока не ясно, насколько практичными окажутся жидкокристаллические сенсорные дисплеи при использовании в зимних условиях.

Станция управления VLT SALT фирмы Danfoss (Дания)

Один из лидеров в области электроприводной техники фирма Danfoss предлагает СУ для скважинных насосов с частотно-регулируемым приводом VLT SALT. Станция управления может использоваться как с ШГН, так и с винтовыми и электроцентробежными насосами.

Главная особенность СУ VLT SALT – это «бездатчиковое» управление, контроллер управляет режимом работы электродвигателя только по результатам измерения электрических параметров. При этом подключения дополнительных датчиков не требуется. В СУ имеются дополнительные цифровые и аналоговые входы для подключения датчиков давления и температуры, но их сигналы не используются для управления электроприводом, и имеют лишь защитную функцию – выключение установки при достижении параметром предельного значения.

Управление электроприводом в бездатчиковых системах осуществляется по моменту на валу двигателя, который определяется по информации о мощности и скорости вращения вала.

Несмотря на отсутствие датчиков динамометрирования, СУ VLT SALT (по информации фирмы–производителя) при работе с ШГН обеспечивает выполнение таких функций, как определение срыва подачи и запарафинивания скважины, а также расчет дебита. Для определения дебита скважины должны быть заданы диаметр и коэффициент полезного действия насоса, а также длина хода штока.

Возможно установление различных скоростей вращения двигателя при ходе штанг вверх и вниз, а также ограничение максимальной перегрузки, например, для защиты штанг от резкого сжатия.

В данной станции управления используется преобразователь частоты Danfoss FC-302 AutomationDrive со встроен-

ным контроллером SALT MCO-360. Станции выпускаются на мощности подключаемых двигателей 15...250 кВт, температурный диапазон составляет минус 60...+40°C.

В США эксплуатируются около 3000 единиц станций VLT SALT, были проведены испытания в ОАО «Самотлор-нефтегаз».

Однако обеспечение высокого качества регулирования режима скважины без применения специальных датчиков динамометрирования и ваттметрирования для ШГН является проблематичным. «Бездатчиковое» управление может быть выгодно при создании универсальных СУ для всех типов скважинных насосов, однако управление каждым конкретным типом насоса требует контроля определенных параметров.

***Станция управления "Электрон-06" ЗАО «Электрон»
(г. Радужный)***

Станция управления серии "Электрон-06" предназначена для управления и защиты электродвигателя установки ШГН. В СУ размещены силовая часть и клеммы подключения кабелей питания, датчики тока и напряжения, устройства сбора и обработки сигналов с внешних датчиков, органы управления и индикации, контроллер. К СУ "Электрон-06" подключается стационарный динамограф, датчик устьевого давления, а также трехфазный цифровой счетчик электроэнергии типа СЭТ-4ТМ.03 или Меркурий 230ART-03. В контроллере хранятся хронология событий и 16 динамограмм, период записи которых задается уставками. Кроме того, возможна установка блока контроля сопротивления изоляции и радиомодема.

***Станция управления "МИР ИСУ-07" НПО «Мир»
(г. Омск)***

Станция управления "МИР ИСУ-07" предназначена для поддержания оптимального режима откачки при механизированной добыче нефти глубинными штанговыми насосами, а также для защиты электродвигателя при аварийных режимах работы станка-качалки. Станция управления ШГН «МИР СУ-07» может функционировать в режимах: местного управ-

ления, дистанционного управления, автоматического управления и ручного управления скоростью вращения асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором привода станка-качалки.

К СУ "МИР ИСУ-07" возможно подключение датчиков динамометрирования типа СДА-10-ШГН, температуры и давления со стандартным токовым выходным сигналом 4...20 мА, а также эхолота типа МИКОН-811-02 для определения динамического уровня жидкости в скважине.

Станция выполняет следующие функции защит электродвигателя:

- отключение при значении любого фазного напряжения питающей сети ниже или выше допустимых пределов, либо при обрыве одной из фаз;
- отключение при длительных токовых перегрузках и коротких замыканиях;
- блокировка включения при неправильном чередовании фаз питающей сети;
- блокировка включения при пониженном электрическом сопротивлении изоляции цепи электродвигателя;
- автоматическое повторное включение (самозапуск).

Станция управления УСШН – 01 ОАО ПНППК (г. Пермь)

Одной из наиболее перспективных разработок можно считать СУ УСШН – 01 ОАО ПНППК (г. Пермь).

Станция управления УСШН – 01 комплектуется преобразователем частоты, цифровым счетчиком электроэнергии, а также микропроцессорным контроллером собственной разработки. Управление установкой ШГН осуществляется на основе анализа информации с датчиков динамометрирования, ваттметрирования и устьевого давления.

Возможно управление скважиной в трех режимах:

- 1) ручном;
- 2) автоматическом на основе информации с датчиков;
- 3) автоматическое «бездатчиковое» управление.

Несомненным достоинством данной СУ является достаточно мощное программно-математическое обеспечение кон-

троллера, в котором реализованы алгоритмы распознавания и анализа динамограмм и ваттметрограмм. По измеренной устьевой динамограмме в контроллере производится построение расчетной плунжерной динамограммы, которая подвергается анализу. Разработчики создали свою базу плунжерных динамограмм типовых режимов ШГН и разработали специальный алгоритм сравнения измеренной динамограммы с типовыми. Кроме этого, производится спектральный анализ развернутой во времени динамограммы для выявления характерных неисправностей привода.

В настоящее время УСШН – 01 прошла опытные испытания на нескольких скважинах Пермского края. В результате на опытных скважинах было достигнуто снижение удельного расхода электроэнергии на добычу скважинной жидкости до 20...40%.

4.4.7 Энергоэффективные приводы штанговых глубинных насосов

Цепные приводы. ЦП начали серийно выпускаться в начале 90-х годов XX века в Канаде и Китае, а в последующем в РФ.

Конструктивно ЦП состоит из вертикальной рамы, вдоль которой вращается цепь. К одному из звеньев цепи прикреплен гибкий ремень, который совершает возвратно-поступательные движения. К другому концу ремня прикреплены траверсы канатной подвески полированного штока. Для цепных приводов характерны следующие особенности:

- движение полированного штока происходит с постоянной скоростью;
- большая длина хода (до 10 м);
- низкая скорость качаний (до 2 качаний в минуту).

Так называемый «линейный» привод ШГН (LinearRodPump) разработан фирмой UNICO (США) в 2007 г. В «линейном» приводе на полированный шток одевается рейка с зубьями, которая перемещается шестеренкой. Шестеренка соединяется с валом электродвигателя через редуктор.

Главным достоинством линейного привода является низкая металлоемкость, и, соответственно, дешевизна. Линейный привод позволяет обеспечить только небольшую длину хода – не более 1,5 м, и не может использоваться на глубоких скважинах, где необходима передача большой мощности ШГН.

В последнее время наблюдается внедрение на нефтепромыслах еще одного типа приводов ШГН – гидравлического. Гидравлический привод ШГН типа «Гейзер», разработанный ООО «НПП «ПСМ-Импэкс» (г. Екатеринбург). Гидравлическая установка «Гейзер» используется в качестве верхнего привода ШГН.

Гидравлический привод штангового насоса «Гейзер» состоит из следующих основных частей:

- мачта – опора с установленном на ней гидроцилиндром;
 - укрытие, в котором установлены насосная станция и системы электронного управления;
- соединение насосной установки и гидроцилиндра выполнено при использовании рукавов высокого давления.

Основные преимущества гидравлического привода заключаются в следующем:

- возможность плавной регулировки скорости спуска/подъема штанговой колонны;
- КПД гидравлического привода выше, чем у традиционных СК;
- возможность рекуперации энергии;
- простота и оперативность установки, наладки и демонтажа.

Система управления гидравлического привода «Гейзер» позволяет снимать динамограммы, при подключении эхолота и датчиков давления контролировать динамический и статический уровни, давление в выкидном коллекторе и затрубном пространстве.

4.4.8 Лучшие мировые практики, применимые к оборудованию системы ППД

В процессе эксплуатации насосов в системе ППД возникает необходимость изменения напора насоса в соответствии с требованиями технологического процесса закачки воды в пласт. Проблема возникает, когда насос выбран без соответствующего обоснования напорно-расходной характеристики или в процессе эксплуатации системы ППД изменяются объём и давление закачиваемой жидкости.

Режимы работы насосов системы ППД эксплуатируются с регулированием напорной характеристики путем дросселирования, что приводит к повышению энергозатрат.

Методы регулирования, связанные с изменением параметров работы электронасосного оборудования

При перекачке жидкости режим работы насоса может изменяться: вследствие переменного уровня поступления жидкости, изменения вязкости перекачиваемой жидкости в различные времена года и суток, изменения технологического режима.

В таких случаях применяют методы регулирования параметров работы электронасосного оборудования (насосных станций). Методы, связанные с изменением параметров работы электронасосного оборудования и самих перекачивающих станций, относятся:

- к изменению количества работающих насосов, схемы их включения и времени работы;
- к регулированию с помощью применения сменных роторов или обточенных рабочих колес;
- к регулированию изменением частоты вращения вала насоса.

Рассмотрим наилучшие доступные технологии, технические решения и оборудование для повышения энергоэффективности на уровне насосного оборудования кустовой насосной станции для закачки воды

Насосы с торцевыми уплотнениями

Объем утечки перекачиваемой насосом жидкости через защитное уплотнение на валу напрямую влияет на энергетические затраты, связанные с затраченной энергией насоса на создание давления на объем утечки, а также последующие затраты откачки данного объема из дренажной емкости. Применение современных и качественных торцевых уплотнений вместо сальниковых позволяеткратно снизить объем утечек и соответственно исключить непроизводительные затраты. Снижение потребления энергии на 2-3%.

Риски и ограничения: повышенная стоимость оборудования.

Повышение КПД насосного оборудования за счет модернизации существующих насосов

К данному методу относится замена проточной части и отдельных узлов насосов ЦНС для повышения КПД насоса относительно начальных паспортных значений. Этот вариант на 20-30% дешевле, чем полная замена насоса. Остаются без изменения присоединительные размеры и обвязка насоса, т.к. в данной модернизации, как правило, корпус насоса не меняют. Возможно снижение энергозатрат до 10%.

Риски и ограничения: для обеспечения эффективности метода необходим правильный расчет количества ступеней (секций) в насосах КНС, чтобы рабочие параметры модернизированного насоса соответствовали параметрам трубопроводной системы и нагнетательных скважин. В противном случае полученный эффект за счет модернизации может привести к повышенному расходу электроэнергии при использовании для регулирования задвижки/байпаса.

Применение плунжерных насосов для малых объемов закачки

С точки зрения энергоэффективности область применения плунжерных насосов соответствует подаче до 80 м³/ч, как альтернатива центробежным насосам, которые имеют низкое значение КПД в данной области подач. К преимуществам относится высокий КПД (выше 75%), возможность ре-

гулирования с помощью ЧРП, высокое давление (до 35 МПа). Строительство БКНС на базе плунжерных насосов рекомендуется рассматривать на этапе ТЭО проектов обустройства/реинжиниринга системы ППД, т.к. в рамках текущей эксплуатации замена центробежных насосов на плунжерные насосы потребует значительных капитальных затрат.

Риски и ограничения: высокая стоимость и требования к гарантийным обязательствам поставщика, высокую фактическую наработку, возможность расположения на открытом воздухе без собственных нужд на электрообогрев, отсутствие системы принудительной смазки. Строительство КНС на базе горизонтальных насосов рекомендуется рассматривать на этапе ТЭО проектов обустройства/реинжиниринга системы ППД.

Замена ЦНС или оптимизация рабочих характеристик

Насос рекомендуется применять в пределах допустимого рабочего диапазона по подаче. При дроссельном регулировании и регулировании байпасом происходит увеличение удельного расхода электроэнергии на закачку воды. Для исключения данных потерь необходимо рассматривать варианты:

- замены насоса из стандартной линейки с подходящими параметрами подачи под текущий режим закачки и соответствие напора характеристики сети водоводов и давлению закачки;
- оптимизация напорной характеристики насоса и снятие рабочих колес под текущее давление закачки (без замены насоса). Преимущества: подстройка характеристики насоса к характеристике системы, увеличение КПД системы, снижение энергопотребления на 5-15% замену/оптимизацию должны быть меньше расчетной экономии энергозатрат от мероприятия. Необходимо рассматривать перспективный план по объему закачки на 3 года при разработке мероприятия.

Применение частотно-регулируемого привода (ЧРП)

Применение частотного регулирования позволяет обеспечивать плановые объемы закачки насосными агрегатами без использования задвижек или байпасов в режимах, близких к оптимальному. Рекомендуется для снижения капитальных затрат рассматривать вариант установки ЧРП на «регулирующие» насосы, при этом остальная группа насосов будет работать на полностью открытую задвижку без регулирования частоты вращения. Снижение энергозатрат за счет исключения регулирования задвижкой/байпасом до 30%

Риски и ограничения: высокая стоимость; разные зависимости напора, подачи и мощности от частоты вращения.

Установки индивидуальной закачки воды

Есть фонд нагнетательных скважин, в котором по определенным причинам не удается осуществлять закачку жидкости с расчетными (необходимыми) параметрами с помощью централизованной системы ППД. Основные причины - износ водоводов, удаленность, гидравлические потери, индивидуальные особенности скважин, отставание по развитию инфраструктуры, территории заповедников. Решением проблемы является точечная закачка, то есть закачка одной насосной установкой в одну или несколько скважин с обеспечением конкретных параметров. Существующие технологии индивидуальной закачки:

- УЭЦН с нижним расположением насоса (УЭЦН перевернутого типа или «перевертыш»);
- устьевые насосные установки с наземным приводом;
- насосные установки для закачки воды из шурфов;
- закачка «из скважины в скважину».

Затраты электроэнергии при индивидуальной закачке выше, чем при централизованной закачке воды с помощью КНС. Объясняется это тем, что в существующих технологиях индивидуальной закачки используются погружные насосные агрегаты, КПД которых ниже КПД насосов, используемых в КНС, кроме того, в некоторых технологиях необходимо затрачивать энергию на подъем жидкости из скважины или шурфа. Для обеспечения максимально возможной эффектив-

ности при индивидуальной закачке необходимо чтобы насосное оборудование работало в рабочей зоне характеристики с максимальным КПД для этого надо осуществлять учет и контроль параметров закачки. Различные технологии индивидуальной закачки могут быть рекомендованы к применению только после всестороннего анализа и расчета технико-экономической эффективности для конкретного объекта, а также подтверждения невозможности организовать централизованную закачку.

Проведение ГТМ по снижению давления на группе скважин для общего снижения давления на БКНС

Значительный потенциал снижения энергозатрат возникает, прежде всего, в тех случаях, когда фонд нагнетательных скважин работает с существенно различающимися забойными давлениями, а, следовательно, и с разными значениями необходимого давления на устьях скважин. В таких ситуациях ради поддержания высокого давления на устьях отдельной группы скважин приходится держать под повышенным давлением всю систему водоводов и для распределения объема закачки использовать штуцеры в 70-90% скважин, теряя при этом энергию. Проведение ГТМ на повышение приемистости позволяет снизить давление на устье скважин с высоким давлением закачки, что дает возможность снижения давления во всей системе с оптимизацией напора на насосах БКНС. Снижение энергозатрат при этом может составить от 15% и выше.

Риски и ограничения: необходима комплексная детальная проработка этапов реализации мероприятий и дополнительные затраты на ГТМ, а также оптимизацию насосного оборудования КНС по напору.

Системы устьевого очищения скважин ППД циклонного типа с дополнительными фильтроэлементами

На скважинах, где часто происходит засорение призабойной зоны приходится держать повышенное давление закачки, что приводит к увеличенным энергозатратам на БКНС. Установка индивидуальных систем очищения циклонного типа

позволит увеличить время работы с низким давлением между обработками призабойной зоны пласта.

Снижение энергозатрат возможно на 5-15% за счет предотвращения засорения призабойной зоны пласта и снижения давления закачки на БКНС. Нагнетательные скважины с данными осложнениями должны быть выявлены, а также подтверждена эффективность технологии по индивидуальной очистке воды.

Риски и ограничения: дополнительные затраты на обустройство

Применение технологии одновременно-раздельной закачки (ОРЗ)

Применение технологии ОРЗ косвенно влияет на снижение энергетических и материальных затраты на бурение и обустройство двух отдельных нагнетательных скважин, а также на электрообогрев устья скважины.

Риски и ограничения: сложность монтажа оборудования, рекомендации по потерям давления в НКТ такие же, как и для стандартной технологии.

4.4.9 Лучшие мировые практики, применимые к оборудованию системы ППН

В процессе эксплуатации насосов в системе ППН возникает необходимость изменения напора насоса в соответствии с требованиями технологического процесса перекачки нефти. Проблема возникает, когда насос выбран без соответствующего обоснования напорно-расходной характеристики или в процессе эксплуатации системы ППН изменяются объёмы и давление.

Режимы работы насосов системы ППН эксплуатируются с регулированием напорной характеристики путем дросселирования, что приводит к повышению энергозатрат.

Методы регулирования, связанные с изменением параметров работы электронасосного оборудования

При перекачке нефти режим работы насоса может изменяться: вследствие переменного уровня поступления продукта, изменения вязкости перекачиваемого продукта в различные времена года и суток, изменения технологического режима.

В таких случаях применяют методы регулирования параметров работы электронасосного оборудования (насосных станций). Методы, связанные с изменением параметров работы электронасосного оборудования и самих перекачивающих станций, относятся:

- к изменению количества работающих насосов, схемы их включения и времени работы;
- к регулированию с помощью применения сменных роторов или обточенных рабочих колес;
- к регулированию изменением частоты вращения вала насоса.

Рассмотрим наилучшие доступные технологии, технические решения и оборудование для повышения энергоэффективности на уровне насосного оборудования насосных ППН.

Насосы с торцевыми уплотнениями

Объем утечки перекачиваемой насосом нефти через защитное уплотнение на валу напрямую влияет на энергетические затраты, связанные с затраченной энергией насоса на создание давления на объем утечки, а также последующие затраты откачки данного объема из дренажной емкости. Применение современных и качественных торцевых уплотнений вместо сальниковых позволяеткратно снизить объем утечек и соответственно исключить непроизводительные затраты. Снижение потребления энергии на 2-3%.

Риски и ограничения: повышенная стоимость оборудования.

Повышение КПД насосного оборудования за счет модернизации существующих насосов

К данному методу относится замена проточной части и отдельных узлов насосов НС для повышения КПД насоса относительно начальных паспортных значений. Этот вариант на 20-30 % дешевле, чем полная замена насоса. Остаются без изменения присоединительные размеры и обвязка насоса, т.к. в данной модернизации, как правило, корпус насоса не меняют. Возможно снижение энергозатрат до 10 %.

Риски и ограничения: для обеспечения эффективности метода необходим правильный расчет напора насоса, чтобы рабочие параметры модернизированного насоса соответствовали параметрам трубопроводной системы. В противном случае полученный эффект за счет модернизации может привести к повышенному расходу электроэнергии при использовании для регулирования задвижки/байпаса.

Замена насоса, оптимизация рабочих характеристик

Насос рекомендуется применять в пределах допустимого рабочего диапазона по подаче. При дроссельном регулировании и регулировании байпасом происходит увеличение удельного расхода электроэнергии на перекачку. Для исключения данных потерь необходимо рассматривать варианты замены насоса из стандартной линейки с подходящими параметрами подачи под текущий режим перекачки и соответствие напора характеристики системы.

Применение частотно-регулируемого привода (ЧРП)

Применение частотного регулирования позволяет обеспечивать плановые объемы закачки насосными агрегатами без использования задвижек или байпасов в режимах, близких к оптимальному. Рекомендуется для снижения капитальных затрат рассматривать вариант установки ЧРП на «регулирующие» насосы, при этом остальная группа насосов будет работать на полностью открытую задвижку без регулирования частоты вращения. Снижение энергозатрат за счет включения регулирования задвижкой/байпасом до 30%

Риски и ограничения: высокая стоимость; разные зависимости напора, подачи и мощности от частоты вращения.

4.4.10 Установка предварительного сброса пластовой воды (УПСВ)

Установка предварительного сброса воды (УПСВ) — установка для отделения нефти от пластовой воды и попутного газа, а также подогрева нефти и приращения удельной энергии потока добываемой нефти (дожима) до следующей системы подготовки нефти.

УПСВ состоит из следующих комплексов оборудования: узел сепарации, (резервуарный парк), насосные агрегаты.

Применение установок типа УПСВ позволяет снизить экологические воздействия и повысить экономическую эффективность процесса подготовки нефти. Установка типа УПСВ позволяет:

- осуществить непосредственно на промысле предварительный сброс воды с целью последующей закачки в систему поддержания пластового давления;
- сократить затраты на транспортировку нефти с остаточной обводненностью 0,5 – 10 %;
- оптимизировать загрузки Централных пунктов сбора нефти (ЦПС) и Установок подготовки нефти (УПН);
- отделить попутный нефтяной газ (ПНГ) для последующего транспорта на Установки комплексной подготовки газа (УКПГ).

Выбор места строительства объекта осуществляется в соответствии с проектным документом на разработку месторождения (участка недр), существующей (или планируемой) инфраструктурой по сбору, подготовке нефти, газа; закачке пластовой воды в систему поддержания пластового давления.

Внедрение технологии значительно снижаются риски коррозионного износа трубопроводов транспорта нефти от УПСВ до УПН, ЦПС; газопроводов транспорта газа от УПСВ до УКПГ, существенно снижает протяженность низконапорных водоводов от УПСВ до блочных кустовых насосных

станций (БКНС) системы поддержания пластового давления и энергозатраты на транспорт жидкости по напорным и меж-промысловым нефтепроводам.

Производственная информация: Применение технологии требует изменения технологической схемы производства.

Технология широко применяется на нефтедобывающих предприятиях Российской Федерации и др. стран. На территории РК такая установка успешно работает в АО «Мангыстау мунайгаз».

Экономические аспекты: Решение о применении данной технологии рассматривается индивидуально в каждом конкретном случае на основании выполненных технико-экономических расчетов. Внедрение технологии позволяет снизить риски возникновения аварий и металлоемкость трубопроводов.

4.4.11 Промысловая подготовка нефтегазоводяной жидкости

Применение автоматических устройств регулирования уровня раздела фаз продукции скважин в емкостных аппаратах «жидкость-газ», «нефть-вода-газ», «нефть-вода» установок типа УПСВ, УПН, ЦПС и др. обеспечивает возможность регулирования качества процесса разделения газодонефтяной смеси и чистоты продуктов разделения. Информация о типах применяемых устройств регулирования уровня раздела фаз приводится в утвержденном технологическом регламенте на объект.

Возможность подачи отстоянной воды для поддержания пластового давления непосредственно в ближайшие нагнетательные скважины на нефтепромыслах или в систему поддержания пластового давления без лишней транспортировки и без дополнительного насосного оборудования за счет использования энергии пластового давления или давления, создаваемого насосной установкой, подающей газодонефтяную смесь в герметизированные проточные емкости, что приводит к экономии электроэнергии и материалов.

Устройство позволяет четко поддерживать и регулировать уровень границы раздела «нефть-вода», «жидкость-газ», «вода-нефть-газ» при проведении подготовки нефти, воды, газа, обеспечивая повышение чистоты разделенных компонентов газодонефтяной смеси в герметизированных точных емкостях при изменениях параметров фаз.

Технология широко применяется на нефтедобывающих предприятиях Российской Федерации и др. стран.

Позволяет оптимизировать технологический процесс подготовки нефти, воды, газа (нормализация давления, скорости движения жидкостей, создавать условия для достижения требуемых показателей о качества продукции), и, как следствие, снизить риски возникновения аварий.

Экономические аспекты: Решение о применении конкретных типов устройств рассматривается индивидуально для каждого емкостного аппарата в зависимости от назначения аппарата, технологической схемы процесса, достижения параметров качества продукции, установленных технологическим регламентом установки.

4.4.12 Утилизация попутного нефтяного газа

Технологии, позволяющие повысить объемы полезного использования попутного нефтяного газа, такие как закачка газа в пласт для ППД (в основном без использования воды), закачка газа в подземные хранилища газа (ПХГ), использование на собственные нужды предприятия (печи подогрева нефти, котельные, газовые электростанции и др.), сдача газа в систему магистральных газопроводов, строительство ГТЭС, ГПЭС, ГПЗ и другие. Технологии, описывающие подготовку, очистку и переработку попутного газа приведены в справочнике НДТ ИТС 50–2017 «Переработка природного и попутного газа».

Утилизация попутного нефтяного газа, снижение выбросов, но для внедрения технологии требуется изменение технологической схемы.

Решение о целесообразности применения конкретной технологии утилизации ПНГ должно рассматриваться на каждом конкретном предприятии. Технология широко применима на предприятиях добычи нефти по всему миру.

В РК существует законодательный запрет на сжигание попутного газа на факелах.

Экономические аспекты: Утилизация ПНГ позволяет снизить плату за несоблюдение требований. Решение о применении конкретного технологического решения рассматривается индивидуально в каждом конкретном случае на основании выполненных технико-экономических расчетов.

4.4.13 Безамбарное бурение

Целью безамбарного бурения является создание системы замкнутого водоснабжения, максимального извлечения твердой фазы при минимальных потерях жидкой фазы. Эта цель достигается путем возврата в систему максимально возможного объема жидкой фазы и сброса как можно большего количества сухого шлама. Состав каждой фазы варьируется в зависимости от разрабатываемого месторождения и зависит от типа бурового раствора и характеристик месторождения. Отработанный раствор представляет собой жидкость с включением твердой фазы. После проведения мер по очистке, буровой раствор может быть использован повторно.

Метод безамбарного бурения направлен на соблюдение экологических стандартов и норм при проведении работ путем исключения сброса жидких и твердых отходов, появляющихся в ходе работ. Существенным фактором минимизации воздействия на окружающую среду является ведение буровых работ безамбарным методом без применения углеводородов в составе бурового раствора.

Наиболее эффективно реализовать технологию безамбарного бурения можно только в комплексе:

- 1) проектирование систем буровых растворов и схем расположения оборудования для безамбарного бурения;
- 2) приготовление и обработка буровых растворов;

3) инженерное обеспечение работы оборудования по контролю содержания твердой фазы и обезвоживанию.

Решение о применении конкретного технологического решения рассматривается индивидуально в каждом конкретном случае на основании выполненных технико - экономических расчетов. Технология широко применима на предприятиях добычи нефти по всему миру.

Экономические аспекты: Необходим анализ экономической эффективности в каждом конкретном случае.

Движущий аспект для внедрения: Применение безамбарной технологии бурения позволяет решить, как экологические, так и технологические проблемы:

- отказаться от строительства амбаров для сбора отходов бурения;
- исключить сброс жидких отходов;
- сократить потребление технической воды за счет оборотного водоснабжения;
- за счет эффективного регулирования состава твердой фазы улучшить качество буровых растворов и снизить затраты на их приготовление и обработку;
- улучшить отработку долот и соответственно сократить сроки строительства скважин;
- улучшить вскрытие продуктивного пласта за счет низкого содержания твердой фазы;
- отказаться от применения в качестве смазочной добавки нефти.

4.4.14 Изоляция зон поглощения

Одной из наиболее серьезных проблем при строительстве скважин является изоляция зон с интенсивным поглощением бурового раствора, вскрытие которых сопровождается обвалами пород. Поэтому вопросу предупреждения поглощения бурового раствора необходимо уделять особое внимание.

В вопросах предупреждения поглощений первостепенное место занимает регулирование давления на поглощаю-

щие пласты. С целью ограничения роста давления в затрубном пространстве выше допустимых норм необходимо:

- не допускать превышения нормы увеличения плотности и геологических параметров бурового раствора;
- своевременно вводить в буровой раствор смазывающие добавки (нефть, СМАД, ОЖК, ОЗГ) и контролировать их содержание в растворе;
- не допускать резких посадок инструмента при спуске в скважину;
- прорабатывать ствол скважины при плавной подаче долота;
- бурить зоны предполагаемых поглощений бурового раствора роторным способом с применением шарошечных долот с центральной промывкой и ограничением подачи буровыми насосами промывочной жидкости и механической скорости проходки;
- прорабатывать ствол скважины при каждом наращивании инструменте на длину рабочей трубы и добиваться свободного движения инструмента до забоя без промывки и вращения;
- восстанавливать циркуляцию бурового раствора одним насосом с одновременным поднятием колонны на длину рабочей трубы и постепенным открытием задвижки на выходе насоса, предварительно разрушив, структуру бурового раствора вращением инструмента.

Технология позволяет повысить показатели ресурсосбережения в целом и энергосбережения в частности. Требуется усиление технологического контроля при бурении скважин.

Технология широко применима на предприятиях добычи нефти по всему миру.

Экономические аспекты: Необходим анализ экономической эффективности в каждом конкретном случае.

Движущий аспект для внедрения: Решение проблемы поглощения бурового раствора.

4.4.15 Одновременно-раздельная эксплуатация

Одновременно-раздельная эксплуатация (ОРЭ) применяется с целью повышения технико-экономической эффективности разработки за счет совмещения эксплуатационных объектов и осуществления при этом, посредством специального оборудования, контроля и регулирования процесса отбора запасов отдельно по каждому объекту.

ОРЭ осуществляют путем оснащения скважин обычной конструкции оборудованием, разобщающим продуктивные пласты, или путем использования для этих целей скважин специальной конструкции.

Сокращение объемов бурения за счет использования ствола одной скважины и организации одновременного (совместного) отбора запасов углеводородов разных объектов разработки одной сеткой скважин. Контроль обводнённости и извлекаемых объемов углеводородов.

Применяется для скважин с двумя и более геологическими объектами эксплуатации, имеющие значительные отличия в условиях эксплуатации и существенные лицензионные требования. Технология широко применима на предприятиях добычи нефти ПАО «Татнефть».

Технология позволяет повысить производительность скважины за счет оптимизации работы пластов; обеспечить равномерность выработки и нефтеотдачу пластов, эксплуатируемых скважиной; обеспечить контроль над разработкой объектов, эксплуатируемых скважиной; повысить рентабельность скважины присоединением других объектов и обеспечить разработку и эксплуатацию малопродуктивных месторождений присоединением к другим.

Экономические аспекты: Необходим анализ экономической эффективности в каждом конкретном случае. Возможно повышение рентабельности отдельных скважин за счет подключения других объектов разработки или разных по свойствам пластов одного объекта разработки.

4.4.16 Применение в составе УСШН длинноходовых цепных приводов

На поздней стадии разработки месторождений обостряется вопрос выбора оборудования для эксплуатации скважин, обеспечивающего добычу нефти в осложненных условиях при наименьших затратах. Применение в составе УСШН длинноходовых цепных приводов, обеспечивает экономию энергозатрат 15 — 25 % (КПД УСШН с такими приводами достигает 60 %)

Использование цепного привода сокращает затраты на электроэнергию.

Производственная информация

С технологической точки зрения все цепные приводы имеют следующие особенности:

- фиксированную длину хода;
- реверсивный редуцирующий преобразующий механизм, совмещенный с частью уравнивающего груза фиксированной массы;
- благоприятный закон движения штанг с равномерной скоростью на большей части хода и относительно низкой частотой качаний;
 - максимальную скорость штанг в 1,7 раза меньше, чем у балансирных аналогов при равной частоте качаний;
- при ремонте скважины откатываются от устья на необходимое расстояние.

Наиболее эффективно применение технологии в следующих случаях:

- для замены ЭЦН 50 и ЭЦН 80 на УСШН с приводом ПЩ 80-6-1/4 в целях экономии электроэнергии затрачиваемой на подъем продукции;
- на высокодебитных скважинах с высоковязкой продукцией, в том числе на обводненных скважинах, «склонных» к образованию эмульсии;
- для оптимизации отбора жидкости из скважин с уменьшенным проходным сечением эксплуатационной колонны, в том числе высокодебитных и/или с высоковязкой продукцией;

- для эксплуатации СШН глубоких скважин;
- для повышения эффективности эксплуатации высокодебитных скважин с УСШН с низким МРП работы скважинного оборудования;
- для обеспечения возможности регулирования режима эксплуатации высокодебитных скважин (в том числе с высоковязкой продукцией) в рамках технической характеристики привода без потери КПД.

Технология широко применима на предприятиях добычи нефти по всему миру.

Добыча нефти в осложненных условиях.

Экономические аспекты: Необходим анализ экономической эффективности в каждом конкретном случае.

4.4.17 Технология повышения выработки нефтяных пластов с применением композиций на основе силикатного геля

Технология предназначена для увеличения охвата пласта и коэффициента нефтевытеснения. Метод воздействия на пласт основан на создании блокирующей оторочки неорганической микрогелевой композицией с последующим направлением заводнения в менее промытые интервалы и доотмывом нефти растворами поверхностно-активных веществ.

Применение реагентов повышения нефтеотдачи пластов с меньшей токсичностью.

Решение о применении конкретного технологического решения рассматривается индивидуально в каждом конкретном случае на основании выполненных технико - экономических расчетов. Технология широко применима на предприятиях добычи нефти по всему миру.

Движущий аспект для внедрения: Ресурсосбережение.

Экономические аспекты: Необходим анализ экономической эффективности в каждом конкретном случае.

4.4.18 Закачка пластовой воды в нагнетательные скважины

Закачка пресной воды для ППД отрицательно воздействует на продуктивные нефтеносные пласты, способствует: насыщению пластов кислородом, снижению температуры продуктивных пластов, снижению фильтрационных свойств пластов, заражению пластов сульфатовосстанавливающими бактериями. Перевод системы ППД на закачку через нагнетательные скважины пластовой воды, добываемой непосредственно на месторождении с помощью водозаборных скважин, то есть организация системы межскважинной перекачки (МСП) позволяет решить эти проблемы. Применение МСП так же позволяет организовать ППД на удаленных от основных промысловых объектов и коммуникаций участках, где экономически не выгодно организация традиционной системы ППД с применением КНС.

Снижение объемов потребления пресной воды и увеличение ресурсосбережения и энергоэффективности предприятия.

Применение подземных вод позволяет упростить схемы внешнего водоснабжения и закачки воды в нефтяные пласты. В результате сокращается время развития мощностей заводнения, быстро достигаются необходимые объемы закачки воды, создаются условия для высоких темпов добычи нефти.

Необходимо проведение технико-экономического анализа в зависимости от характеристики разрабатываемого месторождения. Технология широко применима на предприятиях добычи нефти по всему миру.

Снижение объемов потребления пресной воды и энергетических затрат, связанных с потреблением пресной воды.

Экономические аспекты: Необходим анализ экономической эффективности в каждом конкретном случае.

4.4.19 Подготовка нефтепромысловых сточных вод для закачки в нагнетательные скважины

Технология заключается в подаче водонефтяной эмульсии из добывающей скважины и других промысловых вод на сооружения последовательной очистки и бактерицидной обработки, с последующей подачей на кустовую насосную станцию и закачку в нагнетательные скважины.

Повышение качества подготовки воды для закачки в нагнетательные скважины.

Необходимо проведение технико-экономического расчета в каждом конкретном случае. Технология широко применима на предприятиях добычи нефти по всему миру.

Движущий аспект для внедрения: Уменьшение количества обработок призабойных зон нагнетательных скважин, сокращение затрат на поддержание пластового давления на месторождении.

Экономические аспект: Необходим анализ экономической эффективности в каждом конкретном случае.



Горнодобывающий сектор

5. Анализ НТД для горнодобывающего сектора

Казахстан обладает огромными ресурсами полезных ископаемых для стабильного развития теплоэнергетики, черной, цветной металлургии, производства благородных и редких металлов, а также неметаллической продукции.

Горнодобывающая промышленность Казахстана занимает довольно высокие позиции в мире по объему производства. Открытые и подземные рудники, а также предприятия по переработке руды были объединены и вошли в собственность различных групп предприятий. Лидирующие места в горнодобывающей промышленности занимают такие компании, как «Казхром», «Казатомпром», «Казахмыс», «Казцинк», «Казахалтын», «Арселор Миттал Темиртау» и др.

Для казахстанской экономики угольная отрасль является традиционной. В региональной структуре производства выделяется три области: Павлодарская область, Карагандинская область и Восточно-Казахстанская область. Большая часть угля в Казахстане добывается открытым способом на трех гигантских месторождениях (разрезы Богатырь, Северный и Восточный) в Экибастузском бассейне (Павлодарская область) и на четырех месторождениях Карагандинской области (Борлинское, Шубаркольское, Кушокинское и Сарыадырское). Оставшиеся объемы угля по большей части добываются подземным способом в Карагандинском бассейне (для нужд местных металлургических предприятий) и на Майкубенском месторождении (добыча лигнита).

Угольная промышленность является одной из крупных отраслей экономики страны и обеспечивает производство 74% электроэнергии, полную загрузку коксохимического производства, целиком удовлетворяет потребности в топливе коммунально-бытового сектора и населения. Уголь находит также широкое применение в тяжелой и горнодобывающей промышленности, в других отраслях, связанных с добычей полезных ископаемых. Доли металлургии и других отраслей промышленности в общей структуре потребления угля сопоставимы с показателем, характерным для коммунально-бытового сектора.

Крупными компаниями по добыче каменного и бурого угля (лигнит) в РК являются ТОО «Богатырь Комир», АО «Шубарколь комир», АО «Каражыра», ТОО «Караганда Комир», ТОО «Разрез Молодежный», ТОО «Сарыарка-Energy», ТОО «Разрез Куу-Чекинский», ТОО «Ангренсор Энерго», ТОО «ГАММА», ТОО «Майкубен-Вест».

Разведанные запасы железных руд достигают 9,1 млрд. т, эти запасы находится в четырех уникальных по масштабам месторождениях: Аятском, Лисаковском, Качарском и Соколовском. Качарское месторождение, запасы магнетитовых руд которого оцениваются в 3,9 млрд. т крупнейшее в мире.

Республика обладает большими запасами:

- хромовой руды,
- марганцевых руд,
- вольфрама,
- молибдена,
- ванадия,
- никеля и кобальта.

Самые крупные компании по добыче железной руды в Казахстане, это АО «Соколовско-Сарбайское горно-обогатительное производственное объединение», ТОО «Оркен», ТОО «Туран-ТТТ», Представительство «Оркен-Атансор» ТОО «Оркен», ТОО «Металлтерминалсервис» (месторождение Шойынтас) и ТОО «Вару mining» (месторождение Бапы).

Казахстан обладает развитой сетью производства цветных металлов и занимает видное место в мировом выпуске меди, цинка, свинца, глинозема. Рафинированные медь, цинк являются эталонами на Лондонской бирже металлов.

Основные производители казахстанской меди – Корпорация «Казахмыс» (входит в первую десятку крупнейших медных компаний мира) и АО «Казцинк».

Самые крупные компании по добыче руд других цветных металлов в Казахстане:

- Филиал ТОО «Корпорация КАЗАХМЫС» - производственное объединение «Карагандацветмет»,
- ТОО «Комаровское горное предприятие»,

- АО «Горно-металлургический концерн Казахалтын»,
- ТОО «Актюбинская медная компания»,
- «Донской горно-обогатительный комбинат» - Филиал АО «ТНК» «КАЗХРОМ»,
- ТОО «NOVA ЦИНК»,
- Филиал АО «Алюминий Казахстана» Краснооктябрьское бокситовое рудоуправление (КБРУ).

Казахстан занимает заметное место на мировом рынке благородных металлов. Промышленные запасы обнаружены практически во всех регионах республики. В Северном Казахстане месторождения Васильковское, Варваринское, Узбой, Сымбат, Комаровское, Элеваторное, Аккаргинское, Жетыгоринское. В Центральном Казахстане находятся месторождения Аксу, Жолымбет, Бестюбе, Майкаин, Кварцитовые Горки, Енбекши, Пустынное. Восточный Казахстан славится месторождениями Бакырчик, Суздальское, Большевик, Васильевское, Риддер-Сокольное, Жанан, Акжал, Каскабулак. Южный Казахстан имеет месторождения золота Акбакай, Алтынтас, Далабай, Аксакал-Бескемпир, Мынарал, Жаркулак, Карамурун, Архарлы, Кумысты. Западный Казахстан имеет только одно месторождение Юбилейное.

Почти половина всех запасов сосредоточена на восьми крупнейших месторождениях – Васильковском (335–360 т), Бакырчике (257–277 т) и т.д.

Одними из крупных предприятий, владеющих месторождениями, являются компании Kazminerals, АО «АК Алтыналмас», Polymetal, ТОО «Тау-Кен Алтын», АО «Майкаинзолото» и т.д.

Казахстан – заметный участник мирового рынка серебра. Мировые ресурсы серебра оцениваются в 520 тыс. т. Наибольшими объемами обладают Мексика, Перу, Австралия, Китай, США, Канада, Казахстан.

По данным Комитета геологии и недропользования в недрах республики находится более 1 млрд. т. бокситовых руд.

Также Казахстан обладает значительными ресурсами редких металлов и рядом производств по их выпуску.

Наибольшее развитие получили выпуск:

- титана,
- магния,
- тантала,
- рения,
- галлия,
- бериллия,
- индия,
- висмута,
- селена,
- кадмия и триоксида мышьяка.

Казахстан имеет достаточные запасы титана – циркониевых песков. Основным этапом получения металла является стадия производства титановой губки (губчатого титана, черного титана).

5.1 Описание технологических процессов, используемых в горнодобывающем секторе²⁰

Высокий рейтинг Казахстана на мировом рынке минерального сырья был достигнут за счет внедрения в производство высокопроизводительных горнотранспортных машин и новых технологий. На открытых разработках станки шарошечного бурения, экскаваторы и транспортные средства большой единичной мощности, роторные экскаваторы и конвейерный транспорт, эффективные технологии буровзрывных, экскаваторных, усреднительных и отвальных работ. На подземных разработках высокопроизводительное мобильное горное и транспортное оборудование, новые системы разработки с закладкой выработанного пространства.

По оснащенности основных технологических процессов выемочно-погрузочными и транспортными машинами (ПМиТМ) различного действия обычно выделяют циклич-

²⁰ Б.Р. Ракишев Горнодобывающая промышленность в свете форсированного индустриально-инновационного развития Республики Казахстан.

ную, цикличнопоточную и поточную технологии разработки полезного ископаемого.

К наиболее высокому уровню способа производства относится поточная технология разработки полезного ископаемого и вскрышных пород, в том числе с перевалкой последних в выработанное пространство. Эта технология реализована на разрезе «Богатырь», где роторные экскаваторы в сочетании с конвейерами обеспечивают годовую производительность 50 млн т. Уникальный по производственной мощности и технической оснащенности разрез является прообразом угледобывающего предприятия будущего.

Поточная технология добычи при наклонном падении угольных пластов внедрена на разрезе «Восточный». Доставка угля до накопительного усреднительно-погрузочного комплекса, расположенного на поверхности стационарного борта, позволила повысить качество отгружаемого потребителям угля. Добыча, транспортировка, усреднение и отгрузка угля производится четырьмя ротор забойного и межступного перегружателей, соединительного, подъемного и магистрального конвейеров и усреднительно погрузочной машины, погрузочный пункт.

Также на разрезе внедрена циклично-поточная технология (ЦПТ) выемки вскрышных пород. Надежность технологической схемы вскрышных работ обеспечивается применением экскаваторно-автомобильных комплексов на двух линиях циклично-поточного вскрышного комплекса (ЦПВК). Первоначально с одного из флангов карьерного поля до его середины экскаватором-мехлопаты на всех уступах производится отработка верхнего уступа. Грузотранспортная связь с транспортной бермой уступа обеспечивается сооружением экскаватором временного автосъезда в одном из торцов разреза. Для уменьшения количества автосъездов выемка блоков-панелей осуществляется поперечными заходками.

На горизонте +50 м с обоих флангов разреза размещены дробильно-перегрузочные пункты (ДПП) ЦПВК. Грузотранспортная связь рабочих горизонтов верхних и нижних подступов с площадкой размещения ДПП осуществляется

последовательно через транспортные бермы и систему постоянных автосъездов.

ЦПТ внедряется и на карьере АО «Васильковский ГОК». Комплекс оборудования циклично - поточной технологии, предназначенный для приема и дробления рядовой рудной массы, транспортирования и подачи дробленого продукта на золотоизвлекательную фабрику (ЗИФ) состоит из следующих узлов:

- дробильно - перегрузочной установки (ДПУ);
- наклонных конвейеров № 1;
- наклонного конвейера № 3.

ДПУ является полустационарной и состоит из двух приемных бункеров, двух вибропитателей и двух щековых дробилок.

Добытая горная масса из забоев доставляется к ДПУ автосамосвалами «Cat 777 D и F». ДПУ устанавливается на отм. 205 м.

Дробленая руда с помощью ленточных конвейеров № 1 и № 2 перегружается на конвейер № 3, откуда магистральным конвейером доставляется на ЗИФ.

По мере углубления карьера (на 90 м) готовятся новые площадки для установки полустационарных дробилок и наращиваются конвейерные линии.

5.2 Наилучшие доступные технологии в горнодобывающем секторе и рекомендации по их применению

Эффективное управление природоохранной деятельностью на предприятии является одним из наиболее значимых инструментов для минимизации негативного воздействия горнодобывающего предприятия на окружающую среду, наряду с технологическими и техническими мерами.

При разработке наилучших технологий эксперты ориентировались на уровень негативного воздействия на окружающую среду в расчете на единицу времени или объем производимой продукции, экономическую эффективность внедре-

ния и эксплуатации, применение ресурсо- и энергосберегающих методов.

По результатам анализа собранной информации в рамках, проведенных энергоаудитов был сформирован предварительный список наилучших технологий в горнодобывающем секторе.

На сегодняшний день самые наилучшие доступные технологии в горнодобывающем секторе на территории Казахстана представлены в Табл. 5.2-1.

Табл. 5.2-1 Перечень наилучших доступных технологий

№ п/п	Наименование технологии
1.	Проект «Умный карьер»
2.	Безвзрывные технологий разработки крепких горных пород
3.	Горные фрезы как альтернатива взрывным работам в карьерах
4.	Использование присадок для дизельного топлива
5.	Модернизация экскаваторной техники на объектах предприятия
6.	Использование электрифицированного транспорта на карьерах и в шахтах
7.	Замена существующих компрессоров на винтовые компрессорные машины
8.	Установка винтовой, маслозаполненной компрессорной установки в непосредственной близости от потребителя
9.	Внедрение системы периодического обслуживания основного и вспомогательного оборудования системы воздухообеспечения
10.	Внедрение рекуператоров тепловой энергии винтовых маслозаполненных компрессорных установок
11.	Экспресс-анализ эффективности работы компрессорной станции
12.	Установка приборов технического учёта по системам воздухообеспечения предприятия / шахт
13.	Анализ водно-химического режима оборотных систем водоснабжения компрессорных станций
14.	Эффективность работы воздухоудовного оборудования очистных сооружений
15.	Строительство собственной мини-ТЭЦ

5.2.1 Проект «Умный карьер»

Элементы проекта связаны с внедрением диспетчеризации и автоматизированного управления горнотранспортным комплексом в реальном времени, интегрированных центров планирования на базе ГИС, MES и ERP (SAP) систем, точного спутникового позиционирования и управления буровзрывными работами. В итоге обеспечены прозрачность и контроль за показателями эффективности, сотрудники на 100% получают оперативный учет, достоверную и полную информацию об использовании оборудования.

Все это в комплексе даст минимизацию сбоев, сведет к нулю внеплановые простои техники, увеличит скорость ее движения и распределения, оптимизирует затраты и, самое главное, – повысит производительность оборудования более чем на 10 процентов.

В результате внедрение проекта «умный карьер» повышается экономический эффект производимой предприятием продукции.

Технический аспект: Создается модель виртуальной реальности карьера и автоматизированной системы управления горнотранспортными комплексами на основе технологий спутниковой навигации и роботизированной системы управления технологическими процессами открытых горных работ. Вносятся необходимые коррективы и оптимальное распределение оборудования.

Экономический аспект: Снижение достигается за счет автоматизированной минимизации простоев горной техники, увеличения объемов добываемого сырья, автоматического распределения задействованного самосвального парка, постоянного автоматизированного управления ходом выполнения сменных заданий и осуществления управления качества добываемого сырья, резкого повышения производственно-технологической дисциплины работы. Оценочный срок окупаемости составляет до 2 лет.

5.2.2 Безвзрывные технологии разработки крепких горных пород²¹

Достижения техники и технологии позволяют расширить область применения безвзрывных технологий разработки крепких горных пород при открытой разработке месторождений полезных ископаемых. В настоящее время эффективно используются комбайны для безвзрывного проведения подземных горных выработок в породах с прочностью на одноосное сжатие до 200 МПа. На карьерах при разработке полускальных пород до 80 МПа успешно работают роторные и одноконвальные гидравлические экскаваторы, струги и механические рыхлители.

Для определения направлений совершенствования развития этих технологий на карьерах необходимо рассматривать более подробно их преимущества и недостатки с энергетических, технологических, экологических и экономических позиций.

Разработка полезного ископаемого, которое по технологии в процессе переработки подвергается высокой степени дробления, а во многих случаях и измельчению в мельницах, повышенное энергопоглощение в карьере ведет к снижению энергозатрат и исключению стадий крупного и среднего дробления при переработке на обогатительной фабрике.

В целом преимущества безвзрывных технологий разработки крепких горных пород выражаются в:

- уменьшении, примерно в два раза, трудозатрат, вследствие исключения технологических процессов бурения и зарядания скважины, взрывания массива и сопутствующих им вспомогательных работ, связанных с хранением, приготовлением и перевозкой взрывчатого вещества и забоечного материала;
- сохранении окружающей среды от сейсмического воздействия взрывов, включая здания, сооружения, массив бортов карьера, транспортные коммуникации.

²¹ <https://mining-media.ru/ru/article/ogr/1772-effektivnost-bezvzryvnykh-tehnologij-razrabotki-krepkikh-gornykh-porod-na-karerakh>

Исключение воздействия взрывов на массив позволяет повысить устойчивость бортов карьера, увеличить углы откосов при их погашении, а, следовательно, уменьшить значения текущих коэффициентов вскрыши, что приводит к существенному снижению затрат на добычу полезного ископаемого и увеличению эффективной глубины отработки месторождения открытым способом;

- исключении загрязнения окружающей среды и простоев карьера из-за загазованности после массовых взрывов;
- повышении производительности труда более чем в два раза при применении техники непрерывного действия в виде комбайнов, особенно с конвейерным транспортом;
- уменьшении потерь и сохранении качества добываемого сырья по сравнению с воздействием взрывных нагрузок на полезное ископаемое, например, при добыче кристаллосырья, стройматериалов и др.

Изложенное выше позволяет сделать вывод, что расширение применения безвзрывных технологий разработки крепких горных пород в зонах его возможного применения имеет большое технологическое, экологическое и экономическое значение.

Технический аспект: Создается уменьшение потерь и сохранение качества добываемого сырья

Экономический аспект: Снижение достигается за счет уменьшения, примерно в два раза, трудозатрат, вследствие исключения технологических процессов бурения и заряжания скважины, взрывания массива и сопутствующих им вспомогательных работ, связанных с хранением, приготовлением и перевозкой взрывчатого вещества и забоечного материала. Примерный срок окупаемости составляет 3 года.

5.2.3 Горные фрезы как альтернатива взрывным работам в карьерах²²

Открытие взрывных методов разрушения произвело революцию в горном деле и увеличило возможности горного производства в тысячи раз.

Горная порода характеризуется плотностью, прочностью, упругостью, теплопроводностью, электропроводностью и другими свойствами. Любая горная техника, используемая для разработки горных пород, чаще всего имеет дело с прочностными и плотностными свойствами. В этом случае самым важным показателем при выборе способа разрушения породного массива будет крепость (твёрдость) пород. Чем выше крепость, тем труднее воздействовать на массивы породы – откалывать или дробить её. Каждый уровень повышения крепости всегда требует увеличения энергии для её разрушения.

Традиционным стал способ разработки карьеров проведением буровзрывных работ. Львиную долю ежегодно расходуемых промышленных взрывчатых веществ поглощают взрывы в горном деле. Разрушение пород с помощью энергии взрыва является универсальным и практически единственным высокоэффективным способом подготовки скальных горных пород к выемке.

В основном рудные карьеры имеют воронкообразную форму с системой уступов, которые постепенно отодвигаются по мере разрастания карьера. Такая структура позволяет безопасно вывозить породу и руду, размещать всю необходимую технику, а также строить капитальные съезды для самосвалов и размещать энергоснабжающие сооружения.

Взрывные работы, как доминирующий способ разрушения больших объёмов горных пород, в себестоимости добычи полезных ископаемых занимают до 30%. Взорванная масса состоит из кусков разного размера — от пылевидных частиц

²² <https://dprom.online/mtindustry/gornye-frezy-kak-alternativa-vzryvnyim-rabotam-v-karerah/>

до негабаритов. В дальнейшем добытое полезное ископаемое подвергают дополнительному качественному дроблению. Также взрывные работы наносят ощутимый урон окружающей среде — выброс продуктов горения взрывчатого вещества вредит экологии, особенно при массовых взрывах.

Сам взрыв воздействует на большой объём окружающих горных пород и нарушает сплошность массива, влияя тем самым на устойчивость откосов уступов борта карьера и т. д. Если учесть, что КПД взрыва на дробление не превышает нескольких процентов, то становится очевидной необходимость в совершенствовании технологии добычи горной породы.

При разработке фрезерных комбайнов использовался принцип отбойки горных пород «холодными» фрезами. Это способ заимствован из металлообработки и получил широкое применение в конструкциях для подземных проходческих комбайнов. Рабочие органы машин осуществляют отбойку горной породы при помощи резцов разных конструкций. Согласно расчётам специалистов, применение таких машин на карьерах позволит получить ряд положительных эффектов:

- улучшить потребительские свойства полезного ископаемого за счёт регулирования размера отбиваемой породы;
- в разы уменьшить засорённость полученного материала;
- исключить из рабочего процесса комплекс буровых и взрывных работ;
- сохранить качество и природные характеристики самого сырья;
- снизить затраты на транспортирование и добычу минерального сырья;
- обеспечить возможности извлечения попутных полезных ископаемых из вмещающих пород;
- повысить качество формирования стационарных бортов на предельном контуре в карьере.

Одним из преимуществ работы фрезерными комбайнами против взрывных работ является отсутствие цикла предвари-

тельных работ с использованием другой техники (зачистка блоков, бурение), вследствие чего снижаются суммарные простои выемочно-погрузочной и транспортной техники карьера. Также он будет полезен в тех случаях, когда невозможно взрывные работы проводить вблизи населённых пунктов.

В настоящее время в горной промышленности существенно ограничены инвестиции, поэтому одной из важнейших задач является совершенствование технологий, в которых используется оборудование с уменьшенными линейными размерами.

Технический аспект: Создается уменьшение потерь и сохранение качества добываемого сырья.

Экономический аспект: Снижение достигается за счет уменьшения, примерно в два раза, трудозатрат, вследствие исключения технологических процессов бурения и зарядки скважины, взрывания массива и сопутствующих им вспомогательных работ, связанных с хранением, приготовлением и перевозкой взрывчатого вещества и забоечного материала. Примерный срок окупаемости составляет 3 года.

5.2.4 Использование присадок для дизельного топлива

С целью снижения потребления дизельного топлива карьерной спецтехникой и транспортом, а также сокращения затрат на приобретение ДТ предлагается использование присадок для дизельного топлива. В частности, рассмотрим применение присадки FP-4000, которая производится в Республике Беларусь ЗАО «Деловые коммуникации» (Минск) на основе научно-практических разработок компании INNOSPEC, специализирующейся на выпуске химической продукции. Отличительная особенность добавок данной компании состоит в первую очередь в том, что они не влияют на основные положительные свойства топлива.

Присадка FP-4000 — это жидкое химическое вещество, которое добавляется в готовое дизельное (флотское) топливо и содействует улучшению его эксплуатационных свойств.

Применение присадки позволяет экономить дизельное топливо, увеличивать моторесурс техники и улучшать экологическое состояние выхлопа дизельных двигателей.

FP-4000 оказывает комплексное действие на работу дизельного двигателя: снижает расход топлива, обеспечивает полноту его сгорания, уменьшает токсичность выбросов, дает моющий и диспергирующий, смазывающий, антикоррозионный, водоотталкивающий и антидетонационный эффект. Такая многофункциональность достигается довольно сложным химическим составом.

Основные компоненты - ароматические углеводороды, фенолы, парафины, нафтены и непредельные циклические углеводороды.

Существует возможность применения красителя, маркирующего топливо. Данная мера помогает предотвратить возможность хищения топлива.

В присадку FP-4000 входит диспергирующая составляющая, предназначенная для предотвращения осаждения кристаллов парафинов в топливе во время его хранения при температуре ниже температуры помутнения. Работа диспергатора заключается в равномерном распределении по всему объёму хранилища, либо камеры сгорания всех частиц, входящих в состав топлива. Микроорганизмы лишаются питательной среды, и воспроизводство их прекращается. Присадка содержит эффективный ингибитор коррозии (смесь водомалорастворимых соединений в малых концентрациях, способных предотвращать электрохимическую коррозию металлов в системе «электролит - нефтепродукт – металл») и высокоэффективный детергент-диспергент.

Спецтехника и транспорт, работающие на дизельном топливе, являются главными источниками эмиссий парниковых газов на предприятии.

Срок службы транспортных средств зависит от многих факторов - условий эксплуатации, погоды, температуры окружающей среды, умения обслуживающего персонала, квалификации ремонтного персонала, обеспечения запасными частями, качества применяемого топлива и многих других.

Присадка FP-4000 напрямую влияет на улучшение эксплуатационных характеристик дизельного топлива и тем самым содействует увеличению моторесурса техники.

Экономия топлива при применении FP-4000 происходит за счёт повышения коэффициента полезного действия (КПД) двигателя. Иначе говоря, топливо даёт большую энергоотдачу, а двигатель соответственно при той же выполняемой работе сжигает меньше топлива. Однако температура горения топлива не повышается, что важно для сохранности цилиндропоршневой системы двигателя.

Экономия дизельного топлива в натуральном выражении при применении данной ресурсосберегающей технологии достигает 4-5% и выше (эти цифры подтверждены рядом испытаний (ходовых, стендовых и эксплуатационных), проведённых различными субъектами хозяйствования на территории СНГ. При этом финансовая выгода предприятия (с учётом стоимости присадки) составляет минимум 1,5-2% от стоимости применяемого дизельного топлива (в зависимости от его стоимости).

Технический аспект: Улучшение эксплуатационных характеристик дизельного топлива и тем самым содействует увеличению моторесурса техники.

Экономический аспект: Экономия достигается за счет разницы между дополнительной экономией от использования добавки и ее стоимостью. Примерный срок окупаемости составляет 2 года.

5.2.5 Модернизация экскаваторной техники на объектах предприятия

В настоящее время на большинстве горнодобывающих предприятий Казахстана в качестве экскаваторной техники применяется экскаваторы, выпущенные еще в Советском союзе. Основная доля экскаваторов, применяемых на горнодобывающих предприятиях, составляют экскаваторы ЭКГ различной модификации и производительности.

Большая часть эксплуатируемых сегодня экскаваторов была изготовлена в 70-80-х годах прошлого столетия. Не-

смотря на прочность и надежность их конструкций, а также тщательное техобслуживание, предельный срок службы этих машин наступает уже через 15-20 лет после ввода в эксплуатацию. При этом в первую очередь на экскаваторах выходит из строя электрооборудование, а механическая часть многих экскаваторов остается пригодной для дальнейшей эксплуатации. Кроме того, большая часть эксплуатируемого в настоящее время на экскаваторах электрооборудования физически и морально устарела, а многие элементы, входящие в его состав сняты с производства, и поставка запасных частей, инструментов и принадлежностей (ЗИП) с каждым годом становится все более затруднительной.

На сегодняшний день электропривод по системе Г-Д остается наиболее отработанным и привычным для эксплуатации. В качестве возбудителей в такой системе применяются электромашинные (ЭМУ) или магнитные (МУ) усилители (на экскаваторах старых годов выпуска), а также тиристорные и, в редких случаях, транзисторные возбудители. Наряду с общепризнанными достоинствами системы Г-Д ее основными недостатками являются:

- наличие преобразовательного агрегата с вращающимися генераторами, обладающими значительной электромагнитной инерцией и подверженными износу подвижных частей, что вызывает необходимость в систематических профилактических ремонтах;
- значительные потери электроэнергии;
- большие массогабаритные показатели;
- повышенные динамические нагрузки на электродвигатели и связанные с ними механизмы из-за недостаточного быстродействия системы Г-Д;

Перечисленные недостатки относятся также и к трехмашинному преобразовательному агрегату напряжения собственных нужд и возбуждения синхронного двигателя (при его наличии). Тиристорные преобразователи лишены вышеперечисленных недостатков. Поэтому еще несколько десятилетий назад технический прогресс в силовой полупроводниковой технике определил общую тенденцию замены электромашинных преобразовательных агрегатов на статические.

Применительно к главным приводам – это система ТП-Д (тиристорный преобразователь – двигатель постоянного тока) на постоянном токе и ПЧ-АД (преобразователь частоты – асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором) на переменном токе.

Внедрение этих систем на экскаваторах обеспечит:

- повышение производительности на 5-7%;
- снижение динамических нагрузок на механизмы благодаря их быстрдействию и, как следствие, увеличение срока службы оборудования;
- экономию расхода электроэнергии на 20-25%;
- уменьшение эксплуатационных расходов на 10-15%;
- улучшение условий эксплуатации экскаватора в целом.

На сегодняшний день, с точки зрения технико-экономических показателей, оптимальными представляются следующие два варианта модернизации:

1) Замена систем возбуждения генераторов с МУ (или ЭМУ) на тиристорные возбудители, а также замена электромашиного преобразователя собственных нужд и возбуждения синхронного двигателя на тиристорные. Такой вариант модернизации является оптимальным при удовлетворительном состоянии главного электромашиного агрегата.

2) Замена системы Г-Д главных приводов на систему ТП-Д, а также электромашиного преобразователя собственных нужд на тиристорный. Такой вариант модернизации актуален, когда есть необходимость полной или частичной замены главного электромашиного агрегата.

Технический аспект: Улучшение эксплуатационных характеристик, снижение динамических нагрузок на механизмы благодаря их быстрдействию и, как следствие, увеличение срока службы оборудования.

Экономический аспект: Экономия достигается за счет снижения потребления электроэнергии и эксплуатационных расходов. Примерный срок окупаемости составляет 1 год.

5.2.6 Использование электрифицированного транспорта на карьерах и в шахтах

Одной из самых больших статей расхода при горных работах является энергоресурсы, необходимая для добычи и переработки минеральных руд. Обычно в горнодобывающем секторе используют дизельное топливо и/или электроэнергию.

Для перевозки торной массы горнодобывающая промышленность ежегодно расходует миллиарды литров дизельного топлива. Карьерный самосвал потребляет от 50 000 до 100 000 литров дизельного топлива в год в зависимости от условий его применения и может выделять от 131 до 262 т CO₂ в отработанных газах.

Наряду с многими достоинствами дизельные двигатели имеют и определенные недостатки. Основными техникоэкономическими и экологическими недостатками дизельных двигателей являются:

- невысокая энергетическая эффективность;
- значительный расход энергии на выработку теряющегося в пространстве тепла;
- относительно низкая скорость движения на подъеме;
- существенный объем технического обслуживания;
- высокий уровень шума и вибрации;
- большой объем выбросов отработанных газов, загазованность атмосферы и возможность образования тумана.

Особенностью современного периода является увеличение глубины разработки месторождений полезных ископаемых. С ростом глубины горных работ ухудшаются условия естественного проветривания рабочего пространства карьеров. На глубине карьеров более 200-250 м загрязнение воздуха вредными веществами на рабочих местах приводит к постепенному превышению предельно допустимых концентраций и не отвечает требованиям ГОСТ 12.1.005-88.

На многих угольных шахтах и рудниках объем воздуха, подаваемого в горные выработки, недостаточен для разбавления выхлопных газов дизелей до предельно допустимых

концентраций. Затраты на нагнетание в карьер чистого воздуха, необходимого для проветривания, часто перекрывают затраты на расход топлива карьерных самосвалов даже при условии, что экскаваторы в забое запитаны от кабеля - сети переменного или постоянного тока.

Одним из перспективных направлений уменьшения расхода топлива, объема отработанных газов и повышения производительности горного предприятия является использование электроэнергии. На данный момент технология электрического привода является самым быстрым и эффективным способом существенного снижения энергопотребления. Интерес к электроприводу связан, в первую очередь, с возможностью уменьшения потребления дизельного топлива карьерными самосвалами и использования большей мощности на двигателе. Эти особенности делают электроприводы привлекательной альтернативой дизельным двигателям, но их фактические преимущества и недостатки в значительной степени зависят от того, как электроэнергия подается на двигатель самосвала. Имеется пять основных способов подачи электроэнергии на двигатель:

- дополнительный силовой кабель;
- воздушная контактная сеть;
- бортовой аккумулятор;
- топливные элементы;
- дизель-генератор.

При использовании дополнительного силового кабеля, электроэнергия может непрерывно подаваться на транспортные средства через задний кабель без необходимости заправки или подзарядки батарей, что позволяет уменьшить массу порожнего транспортного средства.

В промышленности используются электропогрузчики грузоподъемностью от 2 до 25 т. Вследствие высокой эффективности электроприводов они оснащены двигателями меньшей мощности, чем их дизельные аналоги.

Поэтому у электропогрузчиков имеется более благоприятное соотношение между емкостью кузова и установленной мощностью машины. Например, для 10- и 14-тонных электропогрузчиков Sandvik это соотношение примерно вдвое

больше, чем для дизельных машин. В то же время почасовая стоимость работы для дизельных и электрических погрузчиков с одинаковой ёмкостью ковша аналогична, тогда как операционные расходы могут быть на 10-30 % ниже в зависимости от соотношения цен на дизельное топливо и электроэнергию.

Применение транспортных средств с кабельным приводом требует специальной инфраструктуры, включая электрические подстанции, коробки трансформаторов, розетки и т. д. Когда необходимо перемещать операции по погрузке и транспортировке в другую зону шахты, рудника или карьера и невозможно подключить погрузчик полностью, должны быть использованы буксируемые дизель-генераторы. Тем не менее транспортные средства с кабельным приводом хорошо зарекомендовали себя в областях, где путь движения относительно короткий и достаточно хорошо определен, что позволяет использовать кабельный привод. Эксплуатация электрических 25-тонных погрузчиков на железном руднике Kiruna в Северной Швеции в течение более 25 лет подтверждает, что в благоприятных условиях эти машины превосходят свои дизельные аналоги.

Самосвалы с электроприводом, оснащенные токоприемниками (троллейбусы), могут получать энергию от воздушном контактной сети. Использование питания от воздушной контактной сети позволяет уменьшить массу самосвала на 10-15 % за счет исключения дизельного двигателя, топливного и масляного баков, масляного и водяного радиаторов, систем отвода отработавших газов и ряда других при сохранении той же грузоподъемности.

Применение троллейбусов позволяет не только исключить затраты на закупку, хранение и транспортировку дизельного топлива, но и повысить скорость движения самосвала и уменьшить расходы на вентиляцию выработок. Обычно скорость самосвала на уклоне ограничена мощностью дизельного двигателя. Возможность использования большей мощности позволяет самосвалу с электроприводом двигаться с большей скоростью и преодолевать более крутые уклоны. что обеспечивает сокращение времени транспортно-

го цикла, а способность этих машин перемещаться по выработкам с уклоном 12° со скоростью до 24 км/ч существенно расширяет область использования электротранспорта.

Например, если время рабочего цикла уменьшается на 20 % в результате увеличения скорости на подъемах, то парк из 32 самосвалов-троллейбусов способен обеспечить те же результаты, что и 40 самосвалов, работающих на дизельном топливе. В марте 2013 г. на крупнейшей медной шахте в Африке Kansanshi (Кансаиши) дизельный автопарк был полностью заменен на троллейбусы Hitachi.

Слабым местом этой технологии является ее ограниченная мобильность, операционная гибкость и высокие капитальные затраты. Для обеспечения работы требуется проложить троллейную трассу, к тому же ввиду «роста» карьера по мере выработки полезного ископаемого трассу необходимо будет время от времени перемещать и дополнять новыми участками. Трасса должна быть обеспечена необходимым количеством тяговых подстанций и основным источником питания сети, а также быть удалена от места производства взрывов на 300-600 м. Троллейбусам также требуется несколько более широкое пространство для маневра, чем эквивалентным дизельным машинам. Кроме того, высоковольтные провода во время загрузки и разгрузки троллейбуса находятся достаточно близко, и создается опасность их повреждения. Стоимость инфраструктуры составляет примерно около 75 % от цены троллейбуса.

Питание автотранспортных средств от воздушной контактной сети представляет собой привлекательную альтернативу для подземных и карьерных самосвалов, особенно при работе на длинных пандусах. Наилучшие результаты могут быть достигнуты в случае перемещения горной массы на расстояния, превышающие 1500 м, особенно когда дорога для перевозки должна использоваться в течение нескольких лет и объем транспортируемой горной массы составляет более 500 000 т в год. Основываясь на производственном опыте, можно сказать, что троллейбусы могут быть интересной альтернативой для существующих шахт и карьеров. Согласно проведенным расчетам, срок окупаемости системы с учетом повыше-

ния производительности карьерных самосвалов в троллейном режиме может составить 1-2 года. Кроме того, отсутствует дизельный выхлоп и, следовательно, загазованность и образование тумана в карьере или выработке.

Основные преимущества транспортных средств, работающих на аккумуляторах, — это их универсальность, энергоэффективность, хорошее тяговое усилие (включая высокий крутящий момент при низких скоростях), отсутствие вредных выбросов, снижение потребности в вентиляции, снижение эксплуатационных расходов, хорошая перегрузочная способность, меньшая потребность в техническом обслуживании и более высокая производительность. К сожалению, их мобильность ограничена малой емкостью аккумуляторов: у свинцовых аккумуляторов примерно 144 кДж/кг, а у более эффективного аккумулятора на основе фосфата лития железа (LiFePO₄) или LFP - 3% кДж/кг. Более эффективные литий-ионные батареи имеют до 900 кДж/кг, но они пока не применяются для транспортных средств.

Параметры ряда аккумуляторов могут обеспечить необходимый запас энергии для выполнения вспомогательных операций транспортного цикла самосвала. Например, при питании от электролитической никель-кадмиевой аккумуляторной батареи (АКБ) энергоемкостью 250 МДж самосвал БелАЗ-7530 грузоподъемностью 220 т способен проехать 3,6 км.

Аккумуляторные грузовики-погрузчики выпускаются канадской компанией RDH Mining Equipment. Грузовик-погрузчик Muckmaster 300EB с емкостью ковша 2 м³ и 20-тонный грузовик Haulmaster 800-20EB питаются от LFP батареи. С 2013 г. четыре Muckmaster 300EB и один Haulmaster 800-20EB работают на золотом руднике Macassa (Макасса) — озеро Киркленд, Онтарио, Канада. Главное преимущество погрузчиков и грузовиков с аккумуляторной батареей — это их экологическая чистота (нет выделения отработанных газов) и мобильность (не связаны с какой-либо постоянной инфраструктурой).

К недостаткам аккумуляторов можно отнести непродолжительный срок эксплуатации и небольшой запас хода в

сравнении с ДВС. Согласно информации компании RDH Mining Equipment, LFP батареи позволяют грузовикам-погрузчикам и грузовикам работать в среднем в течение 4 ч. Это меньше, чем продолжительность рабочей смены, которая обычно составляет от 8 до 12 ч. Другими недостатками являются высокий вес аккумуляторов и их стоимость.

Несмотря на это, имеется значительный интерес к применению этой технологии к подземным транспортным средствам шахт. В тех случаях, когда спрос на вентиляцию и обогрев является серьезной проблемой, выбор этих транспортных средств может быть оправданным. Кроме того, при постоянном прогрессе в технологии изготовления батарей следует ожидать увеличения их энергоемкости, что значительно повысит их привлекательность для применения в горной промышленности.

Повышение эффективности работы горного предприятия может достигаться за счет значительной экономии топлива, повышения производительности процесса транспортирования горной массы, сокращения автопарка, уменьшения расходов на эксплуатацию и техническое обслуживание. Электропривод позволяет увеличить межремонтные интервалы двигателя и снизить затраты на потребляемую энергию за счет регенерации и возвращения ее в сеть.

При оценке эффективности применения электротранспорта решающую роль играет соотношение цен на дизельное топливо и электроэнергию. Существенное значение имеет сам факт экономии топлива, который по расчетам составляет 0,9-1,1 кг на 1 м³ транспортируемой горной массы, т.е. в среднем 1 тыс. т топлива на 1 млн м³ перевозок. Благоприятным следствием этого является соответствующее сокращение выбросов вредных веществ в атмосферу.

Радикальным вариантом может быть применение контактно-аккумуляторных самосвалов, движение которых в глубинной части карьеров и в забоях будет осуществляться с помощью аккумуляторных батарей, а при выезде из карьера - с помощью контактной сети. Аккумуляторы по сравнению с ДВС незначительно увеличивают массу самосвала.

Каждая технология подачи питания на электропривод предполагает снижение выбросов выхлопных газов и более широкое использование возобновляемой энергии. Согласование конкретных электрических и горнодобывающих технологий поможет преодолеть имеющиеся барьеры, такие как дальность транспортирования, наличие соответствующей инфраструктуры и времени подзарядки. Использование комбинированных энергосиловых установок позволяет уменьшить расход электрической энергии, дизельного топлива и трудовых затрат, повысить экологическую безопасность автотранспортных средств при подземной и открытой добыче полезных ископаемых.

Важно понимать, что одна модель электрогрузовиков не может универсально подходить во всех случаях из-за широкого спектра горнотехнологических условий.

Технический аспект: Улучшение эксплуатационных характеристик, повышение производительности процесса транспортирования горной массы, сокращение автопарка, уменьшение расходов на эксплуатацию и техническое обслуживание. Электропривод позволяет увеличить межремонтные интервалы двигателя.

Экономический аспект: Экономия достигается за счет снижения потребления дизельного топлива и эксплуатационных расходов. Примерный срок окупаемости составляет 10 лет, в зависимости от стоимости нового типа транспорта.

5.2.7 Замена существующих компрессоров на винтовые компрессорные машины

Основные недостатки выработки сжатого воздуха на существующих центральных компрессорных станциях предприятий сводятся к высоким удельным показателям затрат электроэнергии на выработку единицы сжатого воздуха. Это является следствием неэффективного сжатия воздуха в компрессоре: сравнительно низким значением политропного КПД, недостаточным межступенчатым охлаждением, а также

низкой эффективности работы системы регулирования подачи сжатого воздуха потребителю.

Стоит отметить, что речь идет в первую очередь об источнике сжатого воздуха и не принимаются во внимания возможные проблемы с неэффективным потреблением сжатого воздуха потребителем, включая непроизводительные расходы.

Ко всему этому добавляется отсутствие элементарного технического учёта, как на источнике сжатого воздуха, так и на основных потребителях. Следствием этого является полное отсутствие какого-либо мониторинга и нормирование, как выработки сжатого воздуха, так и его потребление.

Модернизацию системы воздухоснабжения предприятия предполагается проводить в несколько этапов. Первые этапы включают в себя чисто организационные мероприятия по сбору и мониторингу информации работы существующей системы воздухоснабжения, которые сводятся к тому, чтобы навести информационный порядок с основными воздухопотребляющими установками и установки элементарных приборов технического учёта на основных потребителей сжатого воздуха, работающих параллельно между собой.

Этап № 1

Инвентаризация основного воздухопотребляющего оборудования предприятия. Часто возникают проблемы с представлением перечня воздухопотребляющего оборудования с техническими характеристиками и объемом потребляемого сжатого воздуха, которое задействовано в основном и вспомогательном технологическом процессе. Таким образом, возникает понимание того, что нет четкого представления о том, где и какое воздухопотребляющее оборудование находится в работе.

Составление перечня основного (задействованного в основном технологическом процессе) и вспомогательного оборудования позволит составить картину, как минимум максимального потребления воздуха на данном участке.

Помимо перечня самого оборудования, а также его номинальных характеристик по воздухопотреблению имеет смысл проанализировать год его выпуска и тем самым вы-

дать заключение относительно возможного перерасхода сжатого воздуха из-за старого фонда оборудования.

Этап № 2

Установка штатного технического учёта расхода сжатого воздуха на центральную компрессорную станцию, а также на основные технологические комплексы предприятия.

Имея представление о составе и работающем пневмооборудовании на отдельных участках предприятия, а также имея данные по фактическому потреблению сжатого воздуха и его давлению на этих же участках, можно составить простейший баланс потребления сжатого воздуха этими участками и привязать к какому-либо показателю производительности предприятия, т.е. провести нормирование и отследить его минимум и максимум. В этом случае удастся отследить непроизводительные расходы сжатого воздуха, так как они не привязаны к выработке продукции отдельными технологическими комплексами и возникают хаотично. В этом случае минимальный показатель нормирования, выбранный на заданный промежуток времени, будет показывать оценку перерасхода сжатого воздуха на непроизводительное потребление.

Установка приборов технического учёта должна также сопровождаться информирование среди работников данного участка — это чисто психологически заставит работников, уменьшит потребление сжатого воздуха на непроизводительные нужды.

Анализ баланса выработки и потребления сжатого воздуха имеет смысл проводить при различной загруженности предприятия и тем самым выделить более точную цифру перерасхода сжатого воздуха.

Этап № 3

Помимо непроизводительного расхода сжатого воздуха подразделениями предприятия имеет место быть недостаточное давление у конечных потребителей, особенно тупиковых. Поэтому имеет смысл провести инвентаризацию пневмосети с последующей оценкой её гидравлического сопротивления.

Этап № 4

После сведения баланса по выработке и потреблению сжатого воздуха в системе воздухообеспечения предприятия в зависимости от расхода и динамики его изменения относительно дальнейшей загруженности перейти на винтовые компрессорные машины высокой производительности или на центробежную компрессорную установку с системой регулирования и заменой существующих градирен.

Если при проведенных замерах максимальный средне-статистический расход сжатого воздуха, например, составил 233,85 куб. м/мин, при этом рабочий расход находится в диапазоне от 85,35 до 189,45 куб. м/мин., то любое превышение этого расхода источником сжатого воздуха и есть потери сжатого воздуха, которые сбрасываются в атмосферу.

При рассмотрении замены работающего центробежного компрессора на винтовой компрессор подразумевается подбор компрессора винтового типа, который будет полностью покрывать потребности в сжатом воздухе потребителя, при этом эффективность выработки и регулирования будет выше, чем у существующей системы.

Технический аспект: Улучшение эксплуатационных характеристик, отказ от системы оборотного водоснабжения компрессорной станции.

Экономический аспект: Экономия достигается за счет уменьшения общепроизводственных расходов и дополнительных затрат, за счет снижения обслуживания и ремонта оборудования. Примерный срок окупаемости составляет 5 лет, в зависимости от стоимости нового компрессора.

5.2.8 Установка винтовой, маслозаполненной компрессорной установки в непосредственной близости от потребителя

Одно из маловажных направлений по эффективности использования сжатого воздуха является протяженность пневмосети и на сегодняшний день часто встречаются на предприятиях данные сети большой протяженности и потре-

бителями с разной потребностью, а также большой отдаленности от компрессорной станции до основного потребителя. Так, например, основными потребителями сжатого воздуха могут являться установки "Аэролифт" и "Конус", при этом все другие потребители используют сжатый воздух в производственных целях (к примеру, обдув клемм трансформаторов и распределительных устройств от пыли) и крайне редко (речь может идти о двух, трех разах в год). При этом основными потребителями, а именно "Аэролифт" и "Конус" располагаются относительно близко друг от друга.

В данном случае можно рассмотреть два наиболее перспективных варианта:

Вариант № 1

Установка локальной маслозаполненной винтовой компрессорной установки в непосредственной близости от потребителей "Аэролифт" и "Конус" и установкой запорно-регулирующей арматуры на общезаводскую пневмосеть. Для использования сжатого воздуха в производственных целях, в том числе для целей обдува использовать переносную компрессорную установку гаражного типа небольшой производительности.

В зависимости от режима потребления потребителями "Аэролифт" и "Конус" на винтовую маслозаполненную компрессорную установку может быть установлен дополнительно ресивер необходимого объема, позволяющий увеличить интервалы разгрузки - загрузки компрессора.

Здесь не рекомендуется что-либо изменять в центральной компрессорной станции, в том числе и переносить ресивер в целях оптимизации капитальных затрат на реконструкцию системы воздухообеспечения. Центральную компрессорную станцию необходимо законсервировать на случай сбоя работы в локальной компрессорной машине, а также возможности увеличения объема потребления сжатого воздуха на предприятии.

Вариант № 2

Второй вариант отличается от первого тем, что отсутствует необходимость в покупке передвижной компрессорной установки гаражного типа. Запорно-регулирующая арма-

тура пневмосети, позволяет в том или ином виде регулировать направление потока сжатого воздуха, к непосредственным его потребителям в целях снижения операционных затрат работы системы воздухообеспечения предприятия. Однако это мероприятие подразумевает содержание запорно-регулирующей арматуры в соответствующем состоянии.

С другой стороны, с точки зрения обслуживания системы воздухообеспечения предприятия, может быть упрощена система переключений запорно-регулирующей арматуры на различных потребителях. В этом случае отпадает необходимость приобретать дополнительный ресивер (при этом ресивера центральной компрессорной станции должны быть отключены от пневмосети предприятия) для покрытия пиков потребления сжатого воздуха, так как объём пневмосети предприятия будет выступать этим накопителем. Однако это требует устранения различного рода неплотностей в запорно-регулирующей арматуре пневмосети предприятия и устранению утечек.

Технический аспект: Упрощение схемы воздухообеспечения, улучшается регулирование направление потока сжатого воздуха.

Экономический аспект: Экономия достигается за счет снижения операционных затрат, а также экономии электроэнергии. Примерный срок окупаемости составляет 7 лет, в зависимости от стоимости нового компрессора.

5.2.9 Внедрение системы периодического обслуживания основного и вспомогательного оборудования системы воздухообеспечения

Для нормальной и безаварийной работы системы воздухообеспечения, в частности, источника сжатого воздуха, необходимо проводить периодическое обслуживание основного и вспомогательного компрессорного оборудования.

Так при осмотре компрессорной станции в системе воздухоподготовки - адсорбционного осушителя, можно обна-

ружить загрязнённые фильтры, которые необходимо с определённой периодичностью чистить.

Согласно показаниям дифманометра фильтра очистки сжатого воздуха, нахождение стрелки в красной зоне обозначает, что фильтр засорен и его необходимо очистить. При этом, перепад давления на фильтре может составлять порядка 0,45 бар или даже зашкаливать и показывать критическое значение, что говорит о его гидравлическом сопротивлении на эту величину. Таким образом, либо компрессорной машине необходимо затрачивать дополнительное количество энергии для того, чтобы "продавить" данное гидравлическое сопротивление на фильтре, либо потребитель получает воздух с более низким давлением, чем требуется. Также стоит отметить, что при засорении фильтра ухудшаются его свойства и, таким образом, потребитель получает воздух более плохого качества, что может сказываться на ухудшении качества выпускаемой продукции или преждевременного износа, или падении технических свойств потребителя этого сжатого воздуха.

Также при возникновении на линии нагнетания дополнительных гидравлических сопротивлений, давление нагнетания у компрессора увеличивается, падает производительность. При этом у потребителя параметры воздуха по давлению остаются те же самые. Значение удельного расхода электроэнергии при этом возрастает.

Все этого говорит о том, что на компрессорной станции отсутствует планомерное обслуживание системы воздухообеспечения, в частности источника сжатого воздуха и есть большая необходимость ввести это обслуживание в плановом периодическом порядке.

Технический аспект: Поддержание стабильной производительности компрессора.

Экономический аспект: Экономия достигается за счет снижения расхода электроэнергии. Данное мероприятие является без затратным и реализуется собственными силами.

5.2.10 Внедрение рекуператоров тепловой энергии винтовых маслозаполненных компрессорных установок²³

На многих предприятиях используются крупные компрессорные станции, в которых установлены достаточно мощные винтовые маслозаполненные компрессора, такие, например, как Atlas Copco GA160 или Atlas Copco GA315.

Процесс производства сжатого воздуха сопровождается выделением большого количества тепла, которое отводится в окружающую среду. В винтовых маслозаполненных компрессорах в процессе сжатия в полость сжатия винтового компрессора впрыскивается масло, которое забирает часть тепла сжимаемого воздуха. Воздушно-маслянная смесь поступает во влагомаслоотделитель, где происходит отделение масляного тумана от сжимаемого воздуха. Нагретое масло и горячий воздух охлаждаются в теплообменнике компрессорной установки (происходит раздельное охлаждение масла и сжатого воздуха).

Согласно тепловому балансу компрессорной установки, большая часть подводимой энергии извне (в подавляющем большинстве - электрическая энергия) отводится от компрессорной установки в виде тепла, которое рассеивается в окружающем пространстве. Данное тепло может быть использовано на нужды отопления или горячего водоснабжения.

Многие установки по производству сжатого воздуха имеют возможности экономии энергии в виде рекуперации потерянной энергии. На крупных предприятиях затраты на электроэнергию могут составлять до 80% от общей стоимости производства сжатого воздуха. Но немалую часть этой энергии можно восстановить, тем самым сэкономив большие суммы денег.

Как правило, наиболее распространены проекты по использованию нагретого воздуха, от локальных компрессорных установок, в целях воздушного отопления помещений, которые располагаются в непосредственной близости от

²³ <https://www.atlascopco.com/ru-kz/compressors/wiki/compressed-air-articles/energy-recovery>

компрессорной станции, чтобы минимизировать тепловые потери при передаче тепла.

Рекуперация энергии на установках сжатого воздуха не всегда позволяет получить тепло в нужный момент времени и в достаточном объеме. Если компрессор работает с переменной нагрузкой, количество рекуперированной энергии со временем изменяется. Чтобы сделать рекуперацию выгодной, нужен относительно устойчивый спрос на тепловую энергию. Лучше всего использовать восстановленную тепловую энергию в дополнение к энергии, поступающей в систему. В этом случае доступная энергия используется на протяжении всего времени работы компрессора. Компрессоры с воздушным охлаждением, которые производят горячий воздух большим расходом при относительно низкой температуре, могут напрямую обогревать помещения или участвовать в теплообмене с батареей предварительного нагрева. Нагретый охлаждающий воздух распространяется с помощью вентилятора.

Если дополнительный обогрев помещений не требуется, горячий воздух выводится в атмосферу либо автоматически, с помощью термостата, либо вручную, через открытую воздушную заслонку.

Кроме того, в некоторых случаях рекуперация возможна только в холодное время года. Рекуперация переносимой по воздуху энергии чаще встречается на малых и средних компрессорах. Рекуперация отработанного тепла от систем воздушного охлаждения компрессора требует минимальных вложений и сопровождается незначительными потерями при распределении.

Охлаждающая вода из компрессора с водяным охлаждением при температуре до 90° может поступать в систему водяного отопления. Если вместо этого предполагается использовать горячую воду для мойки, чистки или принятия душа, дополнительно требуется установить водогрейный котел для базовой нагрузки. Восстанавливаемая в системе сжатого воздуха энергия образует дополнительный источник тепла, который снижает нагрузку на котел, экономит топливо и позволяет установить котел меньшего размера. Предварительные

требования к рекуперации энергии в компрессорах сжатого воздуха различаются в зависимости от типа компрессора. В конструкцию стандартных безмасляных компрессоров можно с легкостью внести изменения, необходимые для восстановления энергии. Этот тип компрессора идеально встраивается в систему водяного отопления, которая работает с температурой воды (90 °С), благодаря чему становится возможной эффективная рекуперация энергии. На маслосмазываемых компрессорах масло, которое участвует в процессе сжатия, ограничивает допустимую температуру охлаждающей воды. В центробежных компрессорах температура обычно ниже из-за низких коэффициентов сжатия на каждой ступени компрессора, что также ограничивает степень рекуперации. Наиболее эффективная рекуперация переносимой с водой энергии достигается на компрессорах с электрическим двигателем мощностью свыше 10 кВт.

Рекуперация переносимой с водой энергии требует более сложного оборудования, чем рекуперация энергии, переносимой по воздуху. Основное оборудование состоит из насосов, теплообменников и регулирующих клапанов. Рекуперация переносимой с водой энергии позволяет передавать полученное тепло в отдаленные здания по трубам относительно небольшого диаметра (40-80 мм) без значительных потерь. Высокая начальная температура воды означает, что избыточную энергию можно использовать для повышения температуры возвратной воды из водогрейного котла. В этом случае обычный источник тепла периодически можно выключать, заменяя его системой рекуперации тепла компрессора. В перерабатывающей промышленности избыточное тепло компрессора также используется для повышения температуры процесса. Кроме того, маслосмазываемые винтовые компрессоры с воздушным охлаждением можно использовать для рекуперации переносимой с водой энергии. Для этого требуется установить теплообменник в масляном контуре, после чего система будет подавать воду более низкой температуры (50° - 60°) по сравнению с безмасляными компрессорами.

Кроме того, восстановление энергии в закрытой системе охлаждения улучшает условия работы компрессора, повыша-

ет его надежность и продлевает срок службы благодаря равномерной температуре, высокому качеству охлаждающей воды и другим преимуществам. Скандинавские страны являются первопроходцами в этой области и уже довольно давно внедрили рекуперацию энергии в качестве стандартной практики при эксплуатации компрессорных установок.

Большинство современных средних и крупных компрессоров совместимы со стандартным оборудованием для рекуперации энергии.

Технический аспект: Восстановление энергии в закрытой системе охлаждения улучшает условия работы компрессора, повышает его надежность и продлевает срок службы.

Экономический аспект: Экономия достигается за счет рекуперации отработанного тепла от систем воздушного охлаждения компрессора. Примерный срок окупаемости составляет 7 лет, в зависимости от стоимости рекуператора и монтажных работ.

5.2.11 Экспресс-анализ эффективности работы компрессорной станции

При обследовании системы воздухообеспечения часто возникает понимание отсутствия должной отчетной информации по ее работе. Отсутствует информация по составу основного и вспомогательного оборудования компрессорных станций, по характеристикам пневмосети, по основным потребителям сжатого воздуха на подразделениях фабрики, также, как и информация о группах потребителей.

Отсутствует технический учёт параметров работы компрессорных установок, таких, как потребление электроэнергии компрессорными и адсорбционными установками, количество выработанного сжатого воздуха, как каждой компрессорной установкой, так и компрессорной станцией в целом. Не ведётся архивация давления после каждой компрессорной установки и при подаче сжатого воздуха на потребителей, не ведётся анализ объема потребления сжатого воздуха различными подразделениями предприятия и её участками.

Таким образом, возникает необходимость в систематизации работы системы воздухообеспечения, тем более, если источники сжатого воздуха оснащены современным компрессорным оборудованием, которое, в том числе, позволяет проводить данную работу.

Ниже, приведен примерный шаблон Справки по работе и выработке сжатого воздуха локальными компрессорными машинами за заданный промежуток времени. Информация, заносимая в данную таблицу, позволяет проводить в первом приближении анализ работы локальных компрессорных машин на компрессорной станции и соответствующим образом регулировать её работу.

Пример Справки по работе и выработке сжатого воздуха локальными компрессорными машинами за заданный промежуток времени

Подразделение			Компрессор	Производительность	Установленная мощность	Моточасы			Коэффициент загрузки	Потребление ЭЭ за отчётный месяц	Выработано сжатого воздуха по часам работы
						С начала периода	Предыдущий месяц	Отчетный месяц			
Модель	Заводской №		[куб.м/час]	[кВт]	[час/мес]	[час/мес]	[час/мес]	[кВт]	[тыс. куб. м]		
1	2	3	4	6	7		8	9	10	11	

По значениям, которые приведены в таблице, можно также сделать вывод о том, с какой периодичностью компрессор проходит разгрузку / загрузку на выработку сжатого воздуха, насколько эффективно работает система регулирования и в каком режиме работает компрессор, как на локального потребителя, так в составе компрессорной станции.

Расшифровка к таблице по графам:

"1" - наименование подразделения, где располагается локальная компрессорная установка; в случае, если компрессорная установка располагается в компрессорной станции предприятия, то указывается компрессорная станция;

"2" - модель компрессорной установки;

"3" - заводской номер компрессорной установки; как модель компрессорной установки, так и её заводской номер необходим для идентификации компрессорной установки на производстве; имеет также смысл добавить инвентарный номер компрессорной установки;

"4" - паспортная производительность компрессорной установки; при заполнении этой графы необходимо иметь в виду, что современные компрессорные установки при различных давлениях нагнетания могут иметь различную производительность; поэтому по техническим характеристикам, которые указаны в паспорте компрессора, необходимо сопоставить давление и производительность компрессорной установки;

"5" - указывается паспортная установленная мощность всей компрессорной установки; необходимо понимать, что в установленную мощность входит не только мощность привода компрессора, но и мощность вентилятора охлаждения, мощность, которую потребляет электроника, мощность, которую может потреблять встроенный осушитель воздуха и т.д.;

"6" - время работы компрессорной установки с начала периода; период, с начала которого выбирается время работы компрессорной установки, назначается отделом главного энергетика или планово-экономическим отделом; часто это может быть время начала эксплуатации компрессорной установки, либо начала года; так или иначе все зависит от того периода, для которого составляется Справка и той системы отчетности, которую принимают на фабрике;

"7" - время работы компрессорной установки за предыдущий месяц;

"8" - время работы компрессорной установки за текущий / отчётный месяц;

"9" - коэффициент загрузки, который вычисляется как отношение фактической величины выработки сжатого воздуха за отчетный период к номинальной величине, которая зависит от времени работы компрессорной установки и номинальной (паспортной) производительности;

"10" - количество электрической энергии, потребленной компрессорной установкой за отчетный период времени;

"11" - количество сжатого воздуха, которое выработала компрессорная установка (количество сжатого воздуха, поданного потребителю) за заданный промежуток времени - отчетный период.

Приведенные данные можно перевести в графический рисунок, который позволяет провести экспресс-анализ работы источника сжатого воздуха - компрессорной установки, которая может располагаться либо у конкретного потребителя, либо в компрессорной станции.

Например, горизонтальной синей линией провести паспортный показатель удельных затрат электрической энергии на выработку сжатого воздуха при заданном давлении нагнетания. Показатель должен иметь размерность кВт/1 000 м³. Крестиками привести фактические значения этого показателя за несколько месяцев работы компрессорной установки (для каждого месяца соответственно).

Отклонение вверх от этого показателя говорит о перерасходе электрической энергии на единицу вырабатываемого сжатого воздуха для соответствующего месяца. Отклонение вниз говорит о погрешности в каких-либо измерениях, а также может свидетельствовать о снижении давления нагнетания компрессорной установки.

Технический аспект: Поддержание стабильной производительности компрессора.

Экономический аспект: Экономия достигается за счет контроля отклонений расхода электроэнергии на единицу продукции. Данное мероприятие является без затратным и реализуется собственными силами.

5.2.12 Установка приборов технического учёта по системам воздуходо снабжения предприятий / шахт

Установка технического прибора учёта необходима для проведения элементарного анализа работы, как источника сжатого воздуха, пневмосети предприятия, так и потребителя сжатого воздуха. Ежесуточное сопоставление баланса выработки, передачи и потребления сжатого воздуха поможет составить первое представление о потерях при выработке, передаче и использовании сжатого воздуха.

Технический учёт на компрессорной станции.

Технический учёт по расходу сжатого воздуха на компрессорной станции сводится в учёте времени работы каждой компрессорной машины от времени пуска, до времени останова (также учитывается период работы, когда машина не работает на сеть), расход сжатого воздуха после каждой компрессорной машины (расходомер устанавливается непосредственно после компрессорной машины по правилам установки расходомера сжатого воздуха), а также расход сжатого воздуха, поданного на пневмосеть предприятия (как правило, после воздушной гребёнки - система распределения сжатого воздуха по переделам, если таковая есть на компрессорной станции, и после ресиверов).

Примерная схема изображена на рисунке ниже.

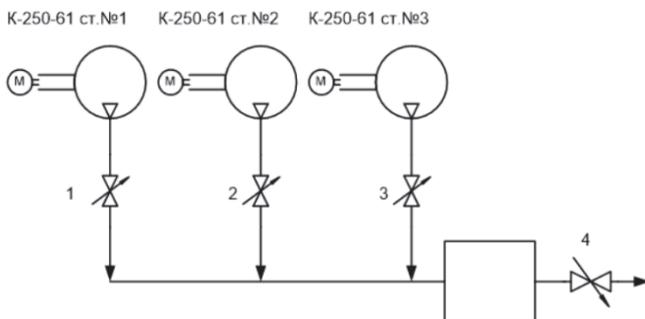


Рис. 5.2.12-1 Примерная схема установки приборов технического учёта по сжатому воздуху на центральной компрессорной станции.

На схеме: "1" - учёт сжатого воздуха после каждого компрессора; "2" - учёт сжатого воздуха после компрессорной станции.

Параллельно с учётом сжатого воздуха необходимо вести учёт электрической энергии, которую потребляют компрессорные установки. Зная количество потребленной электрической энергии и количество выработанного сжатого воздуха на каждом компрессоре можно для каждого компрессора вычислить удельный расход электрической энергии на единицу выработки сжатого воздуха, который показывает с какой эффективностью компрессорная машина вырабатывает сжатый воздух и какие существуют потери из-за понижения политропного КПД и плохого межступенчатого охлаждения.

Зная количество сжатого воздуха, который выработала каждая компрессорная машина и количество сжатого воздуха, поданного в пневмосеть предприятия можно получить достоверные данные о системе регулирования подачи сжатого воздуха на предприятие, а также лучше понять, в каком режиме компрессорные машины должны работать.

Технический учёт потребления сжатого воздуха

Ниже на рисунке приведена примерная схема учёта сжатого воздуха на потребителе.

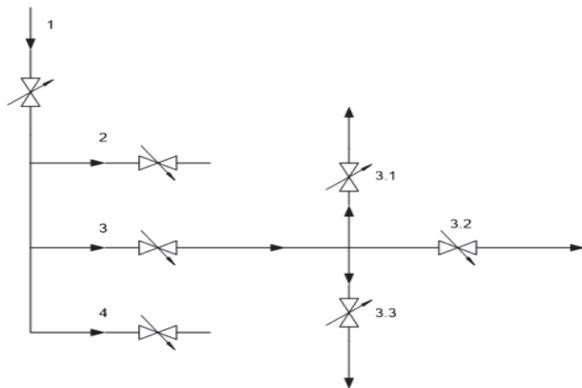


Рис. 5.2.12-2 Примерная схема учёта потребления сжатого воздуха

Учёт сжатого воздуха на потребителе сводится в первую очередь к учёту сжатого воздуха на отдельных переделах - потребителей сжатого воздуха, которые технологически между собой не объединены. Также отдельный учёт сжатого воздуха может осуществляться на наиболее ёмких, с точки зрения потребления сжатого воздуха, потребителей.

Измерение расхода сжатого воздуха на входе в технологический комплекс ("1", см. Рис. 5.2.12-2) позволяет определить величину потерь сжатого воздуха в пневмосети предприятия, особенно если они достаточно разветвлённая и на ней с периодической интенсивностью проводятся ремонтные работы. Также это полезно для определения количество потерянного сжатого воздуха, которое осуществляется с продувками.

На рисунке № 1 замеры "2", "3" и "4" — это замеры сжатого воздуха на отдельные технологические комплексы / горизонты шахты. При условии, что горизонт является достаточно крупным потребителем сжатого воздуха, могут быть также установлены локальные расходомеры, такие, как "3.1", "3.2" и "3.3", позволяющие учитывать расход сжатого воздуха внутри горизонта.

Сопоставление данных по выработке, передачи и расходу сжатого воздуха в СВС предприятия даст реальную картину эффективности его выработки, передачи и потребления, а, следовательно, будет способствовать принятию более эффективной программы энергосбережения.

Технический аспект: Поддержание стабильной производительности компрессора. Снижение потерь при выработке, передаче и использовании сжатого воздуха.

Экономический аспект: Экономия достигается за счет снижения потребления электроэнергии при выборе правильного режима работы компрессорной машины и снижения утечек по пневмосети. Примерный срок окупаемости составляет 2 года.

5.2.13 Анализ водно-химического режима оборотных систем водоснабжения компрессорных станций

Необходимо проводить регулярно анализ водно-химического режима оборотных систем водоснабжения центральных компрессорных станций, с целью разработки программы модернизации существующих градирен.

При анализе работы компрессоров центральной компрессорной станции было показано, что до 8 % от подведённой электрической энергии теряется из-за плохого межступенчатого охлаждения.

Плохое межступенчатое охлаждение вызвано, в первую очередь, низким качеством оборотной воды, что способствует загрязнению теплообменных аппаратов и ухудшению их теплопроводных свойств.

Анализ воды на жесткость, примеси, в том числе и биологические, позволят принять меры по улучшению качества оборотной воды и улучшить термодинамические параметры работы старых или вновь вводимых компрессорных установок.

Технический аспект: Поддержание стабильной производительности компрессора и повышение эффективности межступенчатого охлаждения.

Экономический аспект: Экономия достигается за счет снижения расхода электроэнергии. Данное мероприятие является без затратным и реализуется собственными силами.

5.2.14 Эффективность работы воздуходувного оборудования очистных сооружений

Значительная неравномерность поступления сточных вод на очистку и колебания температуры воздуха, идущего на аэрацию, определяют огромную выгоду от регулирования подачи воздуха. Потенциал ее, с учетом повсеместной недостаточной нагрузки на очистные сооружения, достигает 50 % и более. Поэтому управление подачей воздуха является экономически выгодным мероприятием и по энергосбережению, и по окупаемости инвестиций в сфере водоотведения.

Для жизнедеятельности микроорганизмов в процессе обработки сточных вод в слой жидкости по системе трубопроводов через аэраторы подается воздух. Именно высотой этого слоя определяется напор воздухоудвнющей установки, так как потери в воздуховодах практически отсутствуют из-за их большого сечения и незначительной протяженности. Поэтому графически характеристика воздуховода описывается почти горизонтальной линией с постоянным значением по оси ординат, равным гидростатическому напору (давлению), требующемуся на преодоление столба жидкости в аэротенке.

Существуют три основных метода регулирования количества воздуха на аэрацию:

1. дросселирование перед входным патрубком воздухоудвнющей заслонкой;
2. изменение скорости вращения вала частотно-регулируемым электроприводом;
3. изменение угла атаки потока воздуха до и после рабочего колеса поворотными лопатками, смонтированными внутри воздухоудвнющей.

Данные методы используются на городских сооружениях очистки сточных вод применительно к центробежным воздухоудвнжкам. Последний метод, в силу ряда причин, является наиболее предпочтительным для аэрации сточных вод.

Управление изменением угла атаки поворотными лопатками лишено недостатков, свойственных частотному регулированию. Гидравлическая характеристика одноступенчатой редукторной воздухоудвнжки – это обусловленная углом поворота на входе/выходе лопаток серия кривых, почти вертикальных и переходящих в верхней зоне давлений в почти горизонтальную линию.

Таким образом, изменение графика системы (горизонтальная линия постоянного давления) идеально соответствует характеристике воздухоудвнжки.

При проведении сравнения электропотребления воздухоудвнжки с регулированием и без регулирования производительности по количеству поступаемых стоков и температуре воздуха вы убедитесь в энергоэффективности лучшего способа регулирования.

Значительная суточная и сезонная неравномерность притока сточных вод и колебания температуры воздуха обуславливают целесообразность регулирования подачи воздуха на аэрацию. Среди часто применяемых методов регулирования, является дросселирование перед входом в воздуходувки, изменением частоты вращения вала нагнетателя и изменением углов входа/выхода потока перед/за турбиной воздуходувки – последний для аэрации наиболее эффективен.

На первом этапе можно рекомендовать заменить имеющуюся воздуходувку регулируемой воздуходувкой с поворотными лопатками фирмы Сименс. Далее возможно внедрение автоматической системы управления воздуходувкой.

Технический аспект: Поддержание стабильной подачи воздуха на аэрацию в соответствии с потребностями.

Экономический аспект: Экономия достигается за счет снижения потребления электроэнергии при выборе правильного режима воздуходувки. Примерный срок окупаемости составляет 3 года.

5.2.15 Строительство собственной мини-ТЭЦ

Многие горнодобывающие предприятия находятся в газифицированных районах, но, как правило, мало кто использует этот газ для выработки собственной электроэнергии и тепла на технологические и хозяйственно-бытовые нужды. Во многих случаях это связано с большим разбросом потребителей по территории предприятия, но есть площадки более компактные, где применяются на отопление и горячее водоснабжение зданий блочные котельные на дизельном топливе или природном газе, а здания небольшой площади даже отапливают за счет электрокотлов или электрических тепловых пушек.

Для таких предприятий актуально предлагать установку собственной электростанции с использованием газопоршневых установок, работающих на природном газе с прокладкой общей магистральной тепловой сети.

Установка собственной электростанции на базе газопоршневых установок (ГПУ) позволит снизить потребление электроэнергии из сети за счет собственной выработки и частично обеспечить потребность в тепловой энергии. Тепловая энергия будет использоваться на нужды отопления и ГВС. Так как выработка электроэнергии на тепловых электростанциях сопровождается выделением тепла, наибольший экономический эффект от использования топлива достигается при совместной выработке тепловой и электрической энергии (когенерации). При таком способе тепловая энергия не рассеивается в атмосфере, а полезно используется.

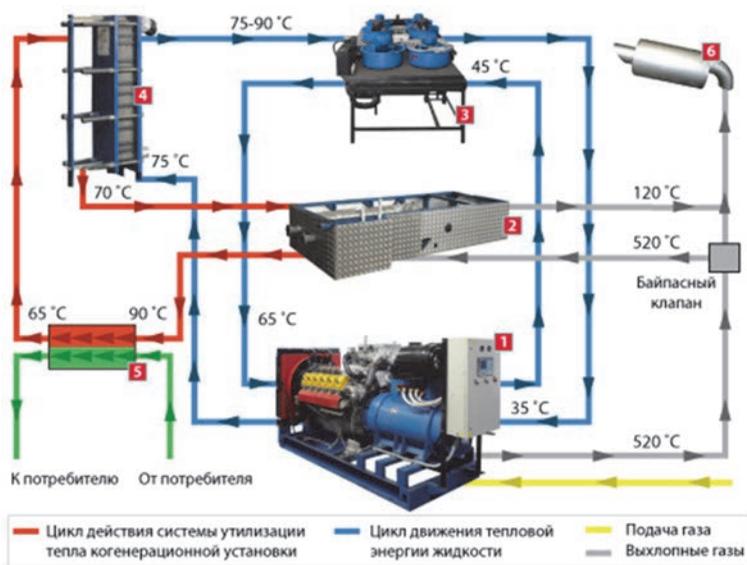


Рис. 5.2.15-1 Принципиальная схема когенерации

Установленная мощность генерирующего оборудования для строительства мини-ТЭЦ предлагается выбрать исходя из покрытия нужд потребления электроэнергии предприятием в летний период и максимальной загрузки теплофикационной части установки в зимний период.

Предприятие, организует комбинированную выработку двух вторичных энергетических ресурсов – электро- и тепло

энергии, которые начнут замещать покупную электроэнергию из сети и снизят объем потребления дизельного топлива на отопление и горячее водоснабжение зданий.

Следует отметить, что в соответствии с Приложением № 7 Методики по предоставлению субъектами ГЭР информации, необходимой для формирования и ведения ГЭР (Утверждена приказом и.о. президента АО «Казахэнергоэкспертиза» № 09-38-71 от 04 февраля 2014 г.) формирование государственного реестра РК и пересчет вторичных видов энергии в условное топливо осуществляется с применением коэффициентов физического пересчета без учета КПД их получения. Применение этого метода расчёта при реализации проектов по выработке энергии с применением когенерации дает не эффективный результат и показывает перерасход ТЭР для предприятия. На самом деле внедрение генерации с высоким КПД с когенерационной выработкой тепла в условиях Республики Казахстан, где 75 % электроэнергии вырабатывают угольные электростанции разных типов и параметров, принесет ожидаемое снижение потребления первичных энергоресурсов.

Технический аспект: Независимость от сетевой компании, электроэнергия надлежащего качества и без перебоев.

Экономический аспект: Экономия достигается за счет частичного или полного отказа от покупной электроэнергии и дизельного топлива. Примерный срок окупаемости составляет 10-15 лет, исходя из стоимости ГПУ и монтажных работ.

5.3 Экономические аспекты реализации наилучших доступных технологий в горнодобывающем секторе

Основной выгодой от внедрения технологий являются дополнительные доходы, предотвращенные издержки, финансовая поддержка от государства или международных проектов.

К дополнительному доходу может быть отнесена экономия энергоресурсов на использовании в производственных процессах.

Сокращенные или предотвращенные издержки могут включать в себя сокращение потерь при транспортировке и хранении пылящих материалов (продукции, горной массы), снижение затрат за счет сокращения простоев и оптимизации использования подвижного состава. Экономия ресурсов на обустройство объектов размещения отходов и выполнение технического этапа рекультивации. Минимизация рисков штрафных санкций и исчисления вреда за загрязнение компонентов окружающей среды (подземные воды, почвы, поверхностные воды). Снижение оплаты за негативное воздействие на окружающую среду (за воздействие на атмосферный воздух, за сбросы сточных вод). За счет сокращения количества потребляемой свежей воды идет снижение соответствующих затрат по недропользованию и в целом приводит к снижению текущих издержек за счет сокращения потерь в рамках производственного процесса.

5.4 Перспективные технологии в горнодобывающем секторе

5.4.1 Противодействие смерзанию и пылению угля и рудных материалов²⁴

Добыча и транспортировка угля и рудных материалов как сыпучего груза сопровождаются двумя основными проблемами: смерзание и пыление. Отдельной проблемой, связанной с транспортированием горных материалов, является содержание грунтовых дорог в местах добычи полезных ископаемых. Для каждой из этих проблем есть эффективные решения.

Грузоотправитель обязан принять дополнительные меры к предотвращению смерзания груза и его примерзания к стенкам полувагона в процессе его транспортировки.

Правилами предусматриваются несколько вариантов подготовки смерзающихся грузов к отправке:

²⁴ <https://dprom.online/unsolution/resheniya-dlya-pylepodavleniya-i-borby-so-smerzaniem-ziraks/>

- предварительная сушка насыпных грузов до безопасной влажности;
- предварительное промораживание увлажнённых грузов до их погрузки;
- равномерная обработка груза в массе, а также дна и стенок полувагонов профилактическими средствами различной природы;
- пересыпка груза разнообразными инертными материалами, например, древесными опилками.

Для горных пород, перевозимых открытым способом, эффективным является нанесение реагентов на внутреннюю поверхность вагонов, а также обработка ими самого груза.

Если этого не делать, у грузополучателей возникают дополнительные издержки по обеспечению выгрузки смёрзшего груза. Это и использование так называемых тепляков, и затратная механическая выгрузка с ручной очисткой внутренней поверхности полувагона, и дополнительные затраты, связанные с вынужденным простоем подвижного состава.

Вторая проблема, всегда возникающая при перевозке сыпучих материалов открытым способом, это пыление. Считается, что с пылью может рассеиваться до 4 % перевозимого угля. Это не только огромные прямые потери, также это огромный экологический ущерб, риск здоровью людей по всему маршруту от мест добычи, хранения и перевалки угля и рудных материалов.

Наиболее интенсивным пылением сопровождается перевалка открытым способом с применением грейферной погрузки, движения транспортной техники по технологическим дорогам в местах добычи угля и руды, в местах выгрузки и хранения, на обогатительных фабриках. Также сильно пылят места хранения насыпью, штабели угля и руды, но в отличие от перевозки, пыление тут происходит постоянно.

Нарушение технологий, условий перевалки приводит к загрязнению атмосферного воздуха и нарушению экологических и санитарных норм. По закону, организации, осуществляющие транспортировку, перевалку и хранение пылящих грузов, обязаны осуществлять мероприятия по снижению пыления.

Способов борьбы с пылением сыпучих грузов, есть много. Конечно, самое важное — это организационные мероприятия, направленные на оптимизацию погрузочно-разгрузочных работ: рациональное размещение оборудования и мест разгрузки-погрузки, оптимизация режимов работ и пр.

Очень эффективны также меры изоляции мест интенсивного пыления — создание различных ограждений, размещение технологических узлов в крытых помещениях, организация ветрозащитных экранов и др.

Но самым эффективным и едва ли не самым популярным способом борьбы с пылью является увлажнение сыпучих материалов, в том числе и угля в процессе погрузки и во время его хранения. Это может производиться путем орошения или создания завесы из водяного тумана.

Технологически системы орошения могут размещаться как на самом погрузочном оборудовании, например, на порталных кранах или стакерах-реклаймерах, так и иметь мобильное исполнение — различные передвижные распылительные, туманообразующие и аспирационные установки.

Эффективным является закрепление пылящих поверхностей с помощью различных реагентов — места хранения грузов обрабатываются специальными составами, создающими устойчивую к ветру поверхностную плёнку. Но операцию нужно повторять при каждой перегрузке.

Решения на основе ЮНИПЕЛЛ как в чистом виде, так и с добавлением антикоррозионных добавок, т.е. ЭКОПЕЛЛ, позволяют эффективно решать проблемы, возникающие при добыче и транспортировке угля и других рудных материалов, такие как смерзание, примерзание к стенкам вагонов и пыление.

5.4.2 Использование отходов добычи и обогащения угля для производства гуминовых удобрений и препаратов

Данная технология может применяться на этапе утилизации отходов производства при добыче угля открытым, подземным способом, а также при обогащении угля.

Данная технология предполагает использование отходов производства (вскрышных и вмещающих пород, пород углеобогащения) для производства гуминовых удобрений и препаратов путем химической переработки. Данная технология предполагает измельчение отходов, центрифугирование, осаждение, экстракцию и ряд промежуточных этапов.

Отходы добычи и обогащения угля содержат определенное количество гуминовых веществ, которые являются основой гуминовых препаратов и могут служить для производства гуминовых удобрений. Эти препараты и удобрения улучшают физические свойства почв и способствуют накоплению гумуса. Однако извлечение гуминовых веществ требует определенной химической переработки. В частности, для извлечения гуминовых кислот из бурого угля необходимо провести центрифугирование, осаждение, экстракцию и ряд промежуточных этапов. При этом значительная часть угля остается в виде отходов. Кроме того, гуминовые удобрения и препараты не являются незаменимыми: они вполне заменимы определенными видами минеральных и органических веществ.

Производство удобрений из отходов производства снижает негативное воздействие на окружающую среду за счет комплексного использования ресурсов, сокращает объем образования отходов производства. При том же уровне потребления энергии возрастает объем готовой продукции, хотя и меняется его структура, так как получаемые удобрения являются новыми образцами готовой продукции.

5.4.3 Цифровой двойник в горнодобывающей промышленности²⁵

Цифровой двойник состоит из программной среды и физических сенсоров/датчиков, собирающих и передающих данные в реальном времени. Для внесения изменений в геометрические параметры объектов необходимы 3D-лазерные системы.

В горной промышленности 3D-лазерные сканеры используют для мониторинга открытых карьеров и подземных шахт, определения объёмов складов и выработок, для измерения и прогнозирования при буровзрывных работах.

Но возможности работы с данными этих инструментов не раскрыты полностью. Большинство компаний пока по-прежнему полагаются на традиционную бумажную документацию, но это не исключает постепенный переход в цифровое пространство.

Имея ЦМР (цифровая модель рельефа), возможно создать проект для планирования дальнейших работ в 3D. Точная визуализация по облакам точек поможет быстро и эффективно спланировать жизненный цикл предприятия.

А точные и достоверные данные (при работе с данными лазерного сканирования практически исключены ошибки, которые часто возникают при классической маркшейдерской съёмке, а также при съёмке с БПЛА) позволят вам быть уверенным в безопасном проведении работ.

Ведь все геометрические параметры бровок, подошв и уклонов теперь перед вами, и вы можете без труда получить любые данные о ваших выработках. Появляется возможность существенно сократить трудозатраты при проведении маркшейдерских работ, исключить ошибки измерений.

Это позволяет контролировать процесс на месте и дистанционно выявлять изменения в процессах, оптимизировать их и режимы работы оборудования, а также осуществлять превентивное обслуживание, дистанционное обучение

²⁵ <https://dprom.online/mtindustry/tsifrovoj-dvojn timer-kak-novaya-realnost/>

без выезда специалистов на удалённые производственные площадки.

Таким образом, цифровой двойник — это эффективный инструмент управления для существенного повышения надёжности и эффективности эксплуатации, контроля и обеспечения безопасности в реальном времени.

Возможности цифрового двойника уже сейчас используют ведущие мировые компании в разной степени и по разным направлениям в зависимости от характера их деятельности.

5.4.4 Сухие методы обогащения угля

Данная технология может применяться при обогащении угля и предполагает применение установок обогащения угля без применения воды. К таким установкам относятся оборудование для пневматического, магнитного и электромагнитного обогащения угля.

Принцип работы установки пневматического обогащения угля заключается в разделении частиц по плотности в восходящем потоке воздуха. Во время сепарации происходит разделение частиц по заданной границе плотности. Установка позволяет отделять пустую породу и высокозольный уголь от низкозольного угля. Установки пневматического обогащения могут быть достаточно компактными, поэтому в перспективе они могут быть установлены непосредственно на разрезах или в шахтах.

Гравитационное обогащение сухим способом осуществляется в воздушной, а не в водной среде, и потому иногда называется пневматическим обогащением.

Главными достоинствами пневматического обогащения являются простота технологических схем, отсутствие водно-шламового хозяйства. Как следствие, установки обогащения сухим способом отличаются относительно низкими капитальными и эксплуатационными затратами.

Недостатком данного способа является его ограниченная применимость: он пригоден лишь при обогащении сухого

легкообогащаемого угля с крупностью кусков не более 80 мм (но и не менее определенного предела). При этом образуются большие объемы пыли, которую необходимо улавливать.

Сухое обогащение угля осуществляется по тем же принципам, что и мокрое обогащение, для него применяются схожие виды оборудования. Для сухого обогащения угля применяют отечественные отсадочные машины (типа ПОМ), сепараторы (типов УША, СП, УПВС), а также аналогичное импортное оборудование (в том числе сепараторы FGX китайского производства).

Принцип действия магнитных и электромагнитных сепараторов заключается в прямой зависимости между магнитной восприимчивостью угольных частиц и силой воздействия магнитного поля, под действием которого происходит разделение частиц.

Применение данной технологии в регионах с дефицитом водных ресурсов позволит сократить потребление водных ресурсов угольными предприятиями, а также сократить расход энергоресурсов на осушение продуктов обогащения. Возможность применения данной технологии для обогащения угольных шламов приведет к дополнительному снижению негативного воздействия на окружающую среду.

5.4.5 Бактерии-металлурги

Истощение месторождений полезных ископаемых на суше создает стимулы для поиска новых способов их добычи. В последние годы активно применяются микроорганизмы для извлечения металлов из бедных руд и техногенных отходов. Например, переработка 1 млн штук сотовых телефонов позволяет получить 16 тонн меди, 350 кг серебра, 34 кг золота и почти 15 кг палладия.

Истощение мировых запасов богатых металлами руд требует развития технологий, направленных на разработку бедных месторождений. Перспективным становится также получение ценных металлов из электронного мусора, объемы которого неуклонно растут.

Применение бактерий позволяет существенно повысить степень извлечения металлов из горных пород при относительно низких затратах труда, энергии и основного капитала. Это делает экономически рентабельной переработку бедных руд и техногенных отходов, позволяет добывать металлы из руд глубокого залегания без ущерба для ландшафта.

Биодобыча – это процесс использования микроорганизмов для извлечения металлов из горных пород или рудников. Окисляя сульфидные руды, микробы растворяют металлы (медь, железо и др.) и облегчают процесс их добычи (биовыщелачивание). Другие металлы (например, золото) непосредственно не растворяются, но становятся более доступными для традиционных методов добычи, поскольку микробы удаляют окружающие их минералы (биоокисление).

Начиная с 1960-х гг. «зеленые» биотехнологии широко используются в промышленной добыче меди, урана и золота. С открытием новых микроорганизмов становится возможным их применение в разработке низкосортных комплексных руд, извлечении ценных металлов из электронного мусора (e-waste), биоремедиации почв и сточных вод.

Эффективность способа:

- Повышение уровня извлечения металлической руды в шахте в среднем с 60 до 90% благодаря использованию бактерий.
- Экономическая рентабельность добычи бедных руд, содержащих менее 0,5% меди.
- Снижение энергозатрат до 75% при добыче металлических руд.
- Уменьшение негативных экологических последствий горнодобывающих работ (эрозия склонов, образование шахтных отвалов и т.д.).
- Вовлечение в хозяйственный оборот цветных и драгоценных металлов из электронного мусора (к примеру, в США электронный мусор занимает 2% в общем объеме и 70% в объеме токсичных отходов).
- Снижение числа несчастных случаев в шахтах.

Недостатки способа:

- Неустойчивость бактерий к низким температурам
- Патентование инновационных технологических решений препятствует их использованию другими компаниями
- Процесс бактериального выщелачивания может занимать месяцы и даже десятилетия
- Высокая стоимость капитальных вложений в технологические разработки. Например, стоимость демонстрационного завода BioSOR (Чили) мощностью 20 тыс. т – \$60 млн.



Горно-обогатительный сектор

6. Анализ НТД для горно-обогатительного сектора

В настоящее время горно-обогатительный сектор является одной из базовых отраслей промышленности Республики Казахстан, играющей важную роль в формировании макроэкономических показателей страны. Поэтому от того, как в дальнейшем будет развиваться данный сектор, во многом будет зависеть поступательное развитие национальной экономики в целом.

Высокий уровень экономического развития в большинстве богатых природными ресурсами стран достигается за счет интенсификации их добычи и переработки в готовую продукцию с высокой добавленной стоимостью, а также поставки на международные рынки не только самих металлов, но и конкурентоспособной продукции из них.

Сейчас основные балансовые запасы железных руд сосредоточены в Костанайской и Карагандинской областях, где на их базе действуют горно-обогатительные предприятия. В настоящее время разрабатываются 12 месторождений. Степень подготовленности запасов к промышленному освоению составляет 53,2 %. В Казахстане эксплуатируется несколько месторождений железных руд, с утвержденными запасами свыше 6 млрд. т, среди которых Соколовско-Сарбайское (включая Качары), с утвержденными запасами более 2500 млн. т (содержание железа 38-43 %, вредная примесь — сера), Лисаковское, с утвержденными запасами 3000 млн. т (содержание железа 34-38 %, вредная примесь — фосфор), Атасуйское (Кентюбинское, Каражальское), с утвержденными запасами более 800 млн. т (содержание железа 48-70 %, вредная примесь — сера), Атансорское, с утвержденными запасами более 39 млн. т (содержание железа 35-57 %, вредные примеси отсутствуют).

Развитие железорудной промышленности показало высокую эффективность концентрации добычного и перерабатывающего производств на одном горно-обогатительном предприятии, причем большей производственной мощности. Именно этот путь был выбран при создании рудной базы ме-

таллургических заводов Урала на железорудных месторождениях Костанайской области Казахстана.

Учитывая это, в 1986 г. на базе Соколовско-Сарбайского горно-обогатительного комбината (ССГОК) было организовано Соколовско-Сарбайское горно-обогатительное производственное объединение (ССГПО), в состав которого вошли Соколовский, Сарбайский, Качарский и Куржун-кульский карьеры и Соколовский подземный рудник, как его горнодобывающие подразделения, задачей которых являлись добыча и поставка сырой железной руды на рудоподготовительный комплекс ССГПО в г. Рудном. Рудоподготовительный комплекс объединения имеет в своем составе дробильно-сортировочную фабрику, фабрику магнитного обогащения и фабрику окомкования.

На сегодняшний день обладает большим количеством обогатительных фабрик, наиболее крупные из них это:

Аксуекская обогатительная фабрика - переработка добываемых свинцово-цинковых руд.

Акчатауский горно-обогатительный комбинат - бывшее горнорудное предприятие в поселке Акшатау Шетского района Казахстана по добыче и обогащению редкометалльных и полиметаллических руд Акчатауского, Караобинского, Акжалского и Кайрактинского месторождений.

Васильковский горно-обогатительный комплекс - является крупнейшей в Казахстане в сфере добычи и переработки золота.

Горно-обогатительный комплекс «50 лет Октября» - добыча и обогащение медно-колчеданных руд.

Донской горно-обогатительный комбинат (ДГОК) - предприятие по добыче, переработке, обогащению, производству и реализации хромовой руды.

Жайрэмский горно-обогатительный комбинат - казахстанская компания-производитель полиметаллического и марганцевого сырья, градообразующее предприятие посёлка Жайрем, города Каражал Карагандинской области. Один из основных производителей марганцевого концентрата Казахстана.

Житикарiнский асбестовый горно-обогатительный комбинат - крупнейшее и единственное казахстанское предприятие по добыче и обогащению хризотил-асбеста и производства на этой основе товарного асбеста и сопутствующих строительных материалов.

Карагайлинский горно-обогатительный комбинат - казахстанское предприятие-производитель полиметаллического сырья, градообразующее предприятие посёлка Карагайлы Карагандинской области. Сырьевая база предприятия — Карагайлинское месторождение, рудники «Абыз» и «Акбастау» в Каркаралинском районе и «Кусмурун» в Аягозском районе ВКО.

Лисакóвский горно-обогатительный комбинат - казахстанский производитель железорудного сырья, градообразующее предприятие города Лисакóвск Костанайской области. Сырьевая база предприятия включает Лисакóвское месторождение железа.

Нурказáнский горно-обогатительный комбинат - казахстанское предприятие-производитель меднорудного сырья. Расположен в 10 километрах к северу от города Темиртау и в 2,5 километрах от северного берега Самаркандского водохранилища, в районе горы Тулькили (Синяя сопка, 594 м). Сырьевой базой служит Самарское месторождение меди.

Обуховский горно-обогатительный комбинат - занимается добычей и обогащением титаноциркониевых песков (руды)

Сатпаевское горно-обогатительное предприятие по добыче и обогащению ильменитовых песков, карьер и фабрика в Кокпектинском районе.

Соколóвско-Сарба́йское горно-обогатительное производственное объединение (АО ССГПО) — крупнейшее казахстанское предприятие по добыче и обогащению железных руд.

Qaz Carbon угольная обогатительная фабрика. Компания по производству кокса для ферросплавных заводов, а также стального и чугунного литья.

6.1 Описание технологических процессов, используемых в горно-обогатительном секторе

Основные технологические процессы обогащения руды включают:

- Уменьшение размера частиц руды, которое осуществляется при помощи дробильных машин и мельниц.
- Разделение полученных частиц руды разного размера, которое требует использования грохотов и классификаторов.
- Непосредственно обогащение руды, или концентрирование, выполняемое при помощи различных технологических приемов в зависимости от свойств материала: флотация, магнитная сепарация и др.

На заключительном этапе переработки руды необходимо привести продукт в соответствующее состояние, позволяющее транспортировать и поставлять его конечному потребителю.

Этот этап обычно включает сгущение и обезвоживание и прессование продуктов обогащения руды. После этого восстановленная технологическая вода повторно используется в производстве, а готовый продукт отправляют на склад.

Важную роль при этом играет инженерное оборудование для так называемого водно-шламового хозяйства, которое включает вспомогательные установки для обработки шлама и очистки технологической воды.

Дробление руды

Дробление - один из основных процессов в горнодобывающей и перерабатывающей промышленности, а также в производстве заполнителей для строительства.

Выбор дробилки для обработки извлеченных металлических и неметаллических материалов зависит от конкретного применения и основан на таких характеристиках, как желаемый размер выходных частиц, гранулометрический состав руды, структура материала (кристаллический, аморфный, пористый, волокнистый), сопротивление раздавливанию и ударопрочность, возможность самовоспламенения из-за нагрева материалов во время шлифования и т. д.

Дробильные машины характеризуются значительным энергопотреблением, поэтому дробление проводится только в той степени, которая необходима для подготовки материала к дальнейшей обработке. Избыточное дробление приводит к удорожанию производства без явного преимущества в плане качества и выхода готового продукта.

Дробильное оборудование классифицируется по степени дробления, типу конструкции и мобильности:

- По степени дробления машины делятся на дробилки крупного, среднего и мелкого дробления.
- По принципу действия это могут быть щековые, конические, роликовые, роторные, центробежные дробилки.
- По мобильности оборудования различают стационарные, мобильные, а также полумобильные дробилки.

Основной тенденцией в инженерном проектировании горно-обогатительных комбинатов является использование щековых дробилок преимущественно для стадии крупного дробления, а также конических и роторных дробилок для среднего и мелкого дробления руды.

Дезинтеграторы тонкого и среднего помола

Дезинтеграторы широко используют в силикатной промышленности для тонкого измельчения хрупких материалов с относительно низкой твердостью и абразивностью, таких как каолин и известняк.

Фрагментация частиц достигается в результате мощных многократных ударов, последовательно наносимых по материалу большими пальцами двух вращающихся роторов в противоположных направлениях.

Роторы установлены на двух отдельных валах с независимым приводом. К каждому ротору прикреплено несколько рядов больших пальцев в виде концентрических кругов. Для более высокой устойчивости свободные концы соединяются с отдельными кольцами для каждого ряда.

Измельчаемый материал подается через загрузочную воронку в область внутреннего ряда пальцев. После первого удара частично раздробленный материал попадает под большие пальцы второго ряда, вращающиеся в противоположном

направлении. Таким образом, последовательно переходя от одного ряда к другому, материал окончательно измельчается и собирается внизу. Для обеспечения равномерной работы дезинтегратор питается от дозатора.

Очевидным преимуществом этого оборудования является тонкий равномерный помол руды.

К недостаткам дезинтегратора можно отнести быстрый износ металлических пальцев, сложность их замены и необходимость точной балансировки вращающихся частей машины.

Оборудование для тонкого измельчения руды

После процесса дробления руда подвергается дальнейшей обработке для тонкого измельчения.

Помимо достижения определенного гранулометрического состава, измельчение на специальных мельницах имеет своей задачей подготовить материал для обогащения. При проектировании горно-обогатительных комбинатов измельчение руды может разрабатываться как автономный процесс или может быть включено в замкнутый цикл с дробилкой и ситом.

По применяемой технологии мельницы для горной промышленности делятся на две основные группы:

- Механические мельницы, которые измельчают материал мелющими телами.
- Струйные мельницы, которые функционируют без использования мелющих тел.

В мельницах первого типа измельчение осуществляется ударно-дробящим действием мелющей среды (шаров, стержней, кусков руды или гравия) при вращении барабана мельницы.

В зависимости от скорости вращения, внутреннего диаметра и других факторов существует два основных режима работы. По мере увеличения угловой скорости точка отделения мелющих тел и материала от поверхности барабана поднимается все выше и выше, в результате чего формируется общий концентрический слой.

Также мельницы могут быть однокамерными или многокамерными. В многокамерных мельницах барабан разделен

сетками на отдельные камеры, в которых размещаются мелющие тела разных размеров. Материал попадает в первую камеру и раздавливается ударами больших шаров. Отсюда он проходит через решетки в следующие камеры, где мелющие тела становятся все меньше и меньше.

В каждом случае тип измельчающего оборудования подбирается индивидуально, в зависимости от свойств добываемой руды.

Сухое измельчение применяется, когда полученный материал используется в сухом состоянии.

Мокрое измельчение характеризуется меньшим потреблением энергии и примерно на 15% большей производительностью по сравнению с сухим измельчением.

Кроме того, условия труда более гигиеничны, а классификация измельченной руды более эффективна. Сухое измельчение, в свою очередь, характеризуется меньшим расходом мелющих тел и футеровки; отпадает необходимость в сушке готового продукта. Измельчение руды может выполняться периодически или непрерывно, реализуя открытый или закрытый цикл.

Оборудование для грохочения и классификации руды

Технология механического разделения смесей материалов с разным размером частиц, известная как просеивание, используется в горнодобывающей промышленности и при производстве заполнителей для строительства.

В зависимости от назначения операции грохочения могут быть подготовительными, вспомогательными, самостоятельными или обезвоживающими.

В подготовительных процессах сырье предварительно разделяется на классы, которые затем проходят различные операции обогащения. Вспомогательное грохочение направлено на отделение частиц требуемого диаметра от общей массы.

Машины для просеивания материалов, называемые грохотами, состоят из просеивающей поверхности, рамы, на которой установлен грохот, и приводного механизма. Ключевыми требованиями к грохотам является химическая инертность, чтобы они не вступали в химическое взаимодействие с

просеиваемым материалом, а также повышенная механическая прочность материала и его износостойкость.

Наиболее часто используемое оборудование для грохочения при инженерном проектировании горно-обогатительных комбинатов:

- Грохоты из листового металла, в которых пробиваются отверстия различных размеров.
- Грохоты из высокопрочных нитей, состоящих из специальной стали или цветных металлов.
- Грохоты, состоящие из сложной системы стержней и роликовых сит.

В дополнение к стандартным типам сит сегодня доступны стрейч-сетки из резины или полиуретана с высокой износостойкостью.

Каждый проект требует индивидуального подхода к подбору оборудования для грохочения, поскольку гранулометрический состав руды и свойства материала могут существенно отличаться.

Расположение отверстий сита и их количество оказывают огромное влияние на эффективность грохочения. Размещение и паттерны перемещения сит также важны. Их можно размещать последовательно, параллельно или в комбинации.

Комбинированное (модульное) размещение сит в некоторой степени объединяет преимущества первых двух способов и считается универсальным.

Разделение материала классификаторами

Помимо механического просеивания, на практике также используется гидравлическая или пневматическая классификация фракций.

Это процесс разделения смеси минеральных частиц разного размера на классы, частицы которых имеют одинаковую скорость падения в воде или воздухе. Каждый класс состоит из частиц разного размера, но с одинаковой скоростью падения.

Процесс основан на использовании различий в траектории движения различных минеральных частиц под действием силы тяжести, силы сопротивления среды, в которую они падают, условий их падения и силы инерции.

В зависимости от среды, где этот процесс выполняется, классификация может быть гидравлической или пневматической.

Чаще всего процесс происходит в вертикальных или горизонтальных потоках воздуха. Такая технология применяется для разделения минеральных частиц размером от 5-10 мм до 10-20 мкм. Классификация — это подготовительный процесс, но при большой разнице в плотности разделенных частиц имеет место и частичное гравитационное обогащение руды.

Подобно механическому процессу сортировки, классификация руды может выполняться как:

- Отдельная операция: обогащение выполняется вместе с классификацией.
- Подготовительная операция, которая обычно осуществляется для подготовки сырья к последующей обработке.
- Вспомогательная операция для отделения измельченного готового продукта, поступающего на обогащение, от недоизмельченного продукта, который возвращается на дополнительное измельчение.

Пневматическая классификация широко используется в циклах сухого измельчения неметаллических минералов, для приготовления пылевидного топлива и для обеспыливания.

Пневматический классификатор делит материал на крупные и мелкие частицы, а размер готового продукта варьирует в очень широком диапазоне от 1-2 до 0,05 мм.

Гидравлические классификаторы, в зависимости от конструктивных особенностей и принципа действия, подразделяют на камерные, конические, механические и центробежные (гидроциклоны). Распространенной технологией является разделение фракций с помощью гидроциклонов. В этих установках классификация проводится в центробежном поле со значительным ускорением.

К механическим классификаторам относятся спиральные, лопастные и чашечные классификаторы. Отделение мелких частиц от крупных осуществляется в ванне, при этом песок удаляется из ванны с помощью граблей, спиралей, ло-

пастных конвейеров или других механизмов. Спиральные классификаторы имеют наиболее широкое применение среди всех типов механических классификаторов.

Оборудование для концентрирования полезных ископаемых

После процессов дробления, измельчения и просеивания, которые мы рассматривали выше, полученные материалы проходят различные фазы разделения и концентрирования в зависимости от их свойств.

На практике при инженерном проектировании горно-обогатительных комбинатов используется несколько технологий и типов оборудования для обогащения.

Среди них гравитационный метод, который использует разницу в плотности, размере и форме минералов, то есть разницу в скорости падения минеральных частиц и горной породы. Данный метод реализуется в жидкой или газообразной среде и делится на гидравлический и пневматический. Гидравлический метод широко применяется при обогащении угля, железа, марганца, вольфрама, оловянных сыпучих руд, редких и драгоценных металлов. Пневматический метод в основном используется для обогащения угля.

Некоторые виды механических сепараторов, используемых в горной индустрии:

- Колесные сепараторы. Это оборудование используется в основном для угля. В процессе разделения материал проходит через ванну, заполненную тяжелой суспензией. В рабочем отсеке материал делится на легкую и тяжелую фракцию. Легкая фракция попадает на сито и выгружается граблями. Тяжелая фракция отделяется как отходы с помощью лифта.
- Барабанные сепараторы. Барабанные сепараторы используются при отделении крупных руд. Барабан заполнен до определенного уровня, а на его внутренней стороне находится спираль для транспортировки тяжелой фракции. Легкая фракция перетекает через желоб, а тяжелая фракция выгружается через колесо лифта.

- **Конусные сепараторы.** Конусные сепараторы используются для среднезернистых руд или же неметаллического сырья. Они представляют собой коническую ванну, в которую материал подается через желоб. Стабильность суспензии поддерживается мешалкой. Легкий продукт выгружается через желоб, а тяжелый продукт выгружается внутренним аэролифтом.
- **Шнековые сепараторы.** Это оборудование используется для обогащения сырья с небольшим размером частиц. Они интенсивно используются для извлечения золота из золотосодержащих песков, редких металлов, олова, слабромагнитных минералов железа, извлечения тяжелых металлов из отходов и др.

Флотационные машины

Метод флотации основан на использовании различных физико-химических свойств поверхности минерала и способности частиц прикрепляться к разделяющей поверхности жидкой и газообразной фаз.

Степень гидратации частиц регулируется флотационными реагентами. Исходное сырье измельчается в водной среде и вместе с реагентами подается во флотационную машину.

Трудно смачиваемые частицы при прохождении этого процесса прикрепляются к пузырькам воздуха и отделяются в виде вспененного продукта, а частицы породы выводятся. Это достаточно эффективный, технически простой и доступный процесс, которые применяют многие предприятия горной индустрии и других сфер.

Сегодня наиболее широко используются механические флотационные машины. Помимо механических флотационных машин, инжиниринговые компании проектируют пневматические, пневмомеханические и колонные флотационные машины.

Седиментационные машины

Осаждение — это гравитационный процесс, при котором минералы разделяются по плотности в потоке воды с переменной скоростью. Данная технология используется для угля, а также для железных, марганцевых и многих других руд размером частиц от 0,1 до 50 мм.

Минеральная смесь расслаивается двумя способами. Первый способ применим к смесям двух минералов одинакового размера и разной плотности. Когда поршень движется вниз, создается восходящая струя воды, и легкие частицы уносятся вверх и располагаются в верхних слоях материала. Когда поршень движется вверх, создается нисходящий поток воды, при этом тяжелые частицы движутся вниз.

Также доступны седиментационные машины с подвижным ситом, которые используются для обогащения железных и марганцевых руд.

В этих установках смонтированная на дне решетка совершает колебательные движения под действием эксцентрикового механизма. Движения дугообразные, так как вертикальное движение обеспечивает разрыхление слоя материала на решетке, а горизонтальное способствует перемещению материала к разгрузочной стороне установки.

Мембранные седиментационные машины подходят для мелких частиц руды после предварительной классификации либо без нее. Этот тип машин имеет верхнее, нижнее и боковое расположение мембраны. В процессе работы вода получает колебательные движения от пульсации мембраны и, таким образом, расслаивает перерабатываемый материал.

Выбор оборудования для разделения и концентрирования полезных ископаемых основывается на свойствах добываемого сырья, требованиях к качеству производимой продукции и многих других факторах, включая финансовые возможности заказчика. Наши специалисты гарантируют индивидуальный подход к каждому проекту для достижения максимальных результатов.

6.2 Наилучшие доступные технологии в горно-обогатительном секторе и рекомендации по их применению

Разработка наилучших доступных технологий это, по сути, масштабная программа технологического перевооружения промышленности и как следствие последовательное сокращение сбросов в водоемы и почву, снижение вредных вы-

бросов в атмосферу, переход там, где это возможно, на принципы безотходного производства. В первую очередь рассматривается не объем производственных мощностей, а их качество, экологическая безопасность и эффективное использование ресурсов.

На сегодняшний день самые наилучшие доступные технологии в горно-обогатительном секторе на территории Казахстана представлены в Табл. 6.2-1.

Табл. 6.2-1 Перечень наилучших доступных технологий

№ п/п	Наименование технологии
1.	Выдерживание проектных характеристик по сушке гранул шихты перед РТП за счет соблюдения технологии сушки в ПФС
2.	Внедрение дискового вакуумного фильтра
3.	Применение вертикальной мельницы для энергосберегающего тонкого помола
4.	Подготовка окатышей и гранул в интенсивном смесителе

6.2.1 Выдерживание проектных характеристик по сушке гранул шихты перед РТП за счет соблюдения технологии сушки в ПФС

Излишняя влажность, содержащаяся в поступающих гранулах, приводит к увеличению расхода электроэнергии на выпаривание избыточной влаги в рудно-термической печи и снижает производительность РТП по объему перерабатываемой шихты и получаемого медного штейна.

Для получения проектной влажности необходимо доведение концентрации связующего лигносульфаната в гранулах шихты до проектных значений с последующей сушкой в печах фильтрующего слоя с использованием мазута.

При завышенной влажности гранул мощность РТП снижается на 300 тонн меди в год.

Поэтому, увеличение расхода лигносульфаната и теплоты для получения проектной влажности шихты перед РТП

покрывается увеличением выработки конечной продукции завода.

При расчете эффекта от увеличения производительности завода по меди необходимо учитывать дополнительные расходы средств на Лигносульфанат для повышения его концентрации, увеличение расход мазута на подсушку в ПФС. В расчете при наличии информации можно рассчитать примерный объем дополнительного получения серной кислоты, свинца в пылях, драгметаллов и редких металлов в электролитном шламе.

Основная эффективность выражается в экономия электроэнергии и дополнительном выходе товарной меди.

Технический аспект: Повышение эффективности рудотермических печей.

Экономический аспект: Снижение достигается за счет экономия электроэнергии и дополнительного выхода товарной меди. Оценочный срок окупаемости составляет до 5 лет.

6.2.2 Внедрение дискового вакуумного фильтра

Дисковые вакуумные фильтры ДОО предназначены для разделения суспензий с частицами твердой фазы более или менее однородной крупности с умеренной скоростью их осаждения. Суспензия не должна быть легколетучей, ядовитой, огне- или взрывоопасной, а жидкая фаза её не должна кристаллизоваться под вакуумом. Образующийся осадок на фильтре не должен при просушке сильно растрескиваться.

Широкое применение нашли в угольной, горнорудной отраслях промышленности, в цветной и черной металлургии.

Преимущества дискового вакуум-фильтра:

- Ячейковый вал отлит из чугуна марки СЧ20 с толщиной стенки ячеек 20мм, срок службы минимум 8-10лет.
- Распределительные головки литые (материал СЧ20) с прямоточным отводом, футированы износостойким материалом (корунд). Результат такого исполнения головки – уменьшение сопротивления и как следствие

дополнительное снижение конечной влаги, увеличение ресурса распределительной головки.

- Шайбы ячеиковые и распределительные изготовлены с чугуна марки СЧ20, имеют ресурс в несколько раз больший шайб, изготовленных из других материалов.
- На ванне на карманах и в зоне вращения мешалки применяется футеровка абразивостойким покрытием.

Отличительной особенностью вакуум-фильтра ДОО является применение трубчатого вала вместо литого ячеикового применявшегося на ДШ. Увеличенное сечение труб позволяет повысить более чем на 20% производительность фильтра и эффективность обезвоживания. Внутренняя поверхность труб и других элементов конструкции покрыты полиуретаном, это увеличивает в 1,5÷2 раза долговечность работы фильтра, а возможность замены изношенных труб – его ремонтпригодность. Предусмотрена возможность модернизации эксплуатируемых на ГОКах вакуум-фильтров путём замены ячеикового вала на трубчатый.

Технический аспект: Повышение производительности и долговечности фильтра, увеличение эффективности процесса обезвоживания.

Экономический аспект: Экономия достигается за счет роста объема продукции и повышения его качества. Оценочный срок окупаемости составляет до 10 лет.

6.2.3 Применение вертикальной мельницы для энергосберегающего тонкого помола

АЙРИХ TowerMill продолжают выбирать для современных, энергетически эффективных обогатительных предприятий по всему миру.

Чтобы предоставлять экономические решения для современных заводов по обогащению железной руды, АЙРИХ предлагает TowerMill - надежную вертикальную мельницу с перемешиванием среды для экономичного тонкого помола с подачей свежего сырья с размером зерна от 3 мм (крепкие породы руды) до 10 мм (мягкая руда) и экономичным

уменьшением размера до 15 микрон. С АЙРИХ TowerMill потребление энергии и рабочих средств значительно сокращено в процессе обогащения руды.

Доказанное снижение эксплуатационных затрат при максимальной степени извлечения делает мельницы оптимальным выбором для тонкого помола.

АЙРИХ TowerMill применяют для рудных материалов, например, медных, железных, золотых, свинцово-цинковых, минеральных песков и редкоземельных металлов.

- Снижение энергопотребления от 25% до 50%
- Превосходная надежность даже для абразивных материалов
- Надежная и проверенная технология помола
- Снижение эксплуатационных затрат

Технический аспект: Повышение эффективности работы оборудования.

Экономический аспект: Снижение достигается за счет экономии электроэнергии. Оценочный срок окупаемости составляет 5-7 лет в зависимости от стоимости оборудования и стоимости затрат на СМР.

6.2.4 Подготовка окатышей и гранул в интенсивном смесителе

В подготовке материала для производства сырых окатышей связующие средства (например, бентонит) и иногда минеральные заполнители (например, известняк, доломит) добавляются в смеситель вместе с тонкоизмельченной рудой

Интенсивные смесители АЙРИХ при длительном использовании отличаются следующими важными преимуществами:

- Низким расходом связующих компонентов
- Сниженным потреблением электроэнергии
- Повышенной прочностью необоженного окатыша при малом возврате оборотного продукта
- Стабильной однородностью материала при высокой производительности до 1400 т/ч

- Высокой эксплуатационной надежностью при малых затратах на сервисное обслуживание
- Узким диапазоном размера гранул / однородностью
- Низким износом

Интенсивный смеситель АЙРИХ также повышает эффективность плавления и прямого восстановления на заводах, независимо от того, используется ли шахтная печь, вращающаяся обжиговая печь, кипящий слой или плавильный реактор. Для производства брикетов из губчатого железа требуется однородная стабильная смесь.

Технический аспект: Повышение эффективности работы оборудования, повышение качества окатышей.

Экономический аспект: Снижение достигается за счет экономии электроэнергии. Оценочный срок окупаемости составляет 7 лет в зависимости от стоимости оборудования и размера затрат на монтажные работы.

6.3 Экономические аспекты реализации наилучших доступных технологий в горно-обогатительном секторе

Внедряемый в рамках нового экологического регулирования механизм НДТ может служить перспективной основой для перевода горно-обогатительного сектора промышленности на новый технологический уровень. Он открывает новые возможности для повышения конкурентоспособности горно-обогатительных производств, снижения уровня образуемых ими отходов и повышения инвестиционной привлекательности ВМР.

6.4 Перспективные технологии в горно-обогатительном секторе

6.4.1 Инновационный способ обезвоживания мелкодисперсных пульп и суспензий методом вакуумной фильтрации с дополнительным применением перегретого водяного пара²⁶

Известные и широко применяемые методы обезвоживания и фильтрации мелких классов угольных суспензий на сегодняшний день не обеспечивают необходимых показателей остаточной влажности и, в конечном итоге, не гарантируют рентабельность применения того или иного способа. Единственным решением, гарантированно позволяющим получить требуемую остаточную влажность в пределах 8-10%, является метод термической обработки предварительно предельно обезвоженного кека.

Термические сушилки различного типа имеют достаточно большие габариты и, как следствие, высокую базовую и эксплуатационную стоимость, но основной причиной столь редкого применения данного типа оборудования, является её взрывоопасность. Все эти факторы делают использование сушилки на угольных обогатительных фабриках исключительным и редким явлением. Но задачи, стоящие перед сегодняшними и новыми технологическими схемами, а также подлежащими модернизации обогатительными фабриками, требуют современного и надежного решения в получении низкой конечной влажности и достижения высокой эффективности извлечения природных ресурсов.

В зависимости от характера угольного месторождения содержание мелкой фракции угольных частиц может достигать в сумме от 10% до 80%. Требуемый уровень остаточной влажности в конечном угольном продукте не должен превышать 10%, поэтому фильтрация ультрамелких частиц размером менее 250 мкм с помощью современных вакуумных дис-

²⁶ <https://ru.calameo.com/read/0046829857a275ec9082e>

ковых фильтров — это эффективный и экономически выгодный способ достижения конечной влажности угольного кека в районе 20-30%. Применение гипербарических фильтров (фильтрация под давлением) или вакуумных фильтров с паровыми кабинами (применением перегретого водяного пара) позволяет достигнуть остаточной влажности в пределах от 16% до 20%, и наконец, применение гипербарических фильтров с возможностью применения пара, дает возможность получить максимально низкую остаточную влажность в пределах от 6% до 10%, что позволяет значительно увеличить производительность обогатительной фабрики за счёт добавления мелкой фракции угля.

Гипербарическая фильтрация (фильтрация под давлением) или вакуумная фильтрация с применением перегретого пара — это наиболее современная технология обезвоживания угольных пульп и суспензий, позволяющая достигнуть низкого уровня остаточной влажности при высокой удельной производительности в пределах до 1500 кг на 1 м².

С помощью гибридного процесса разделения отфильтрованный кек обрабатывается паром сразу после выхода из суспензии. В специально спроектированной и запатентованной паровой камере (кожухе), покрывающей только часть фильтрационной зоны, кек частично подвергается воздействию пара, что ускоряет и интенсифицирует процесс обезвоживания путем замещения капиллярной жидкости на менее вязкую водную среду.

Процесс вакуумной фильтрации в зонах после паровой камеры имеет значительно более высокую эффективность в работе с менее вязким агрегатным состоянием жидкости и, как следствие, достигается низкий уровень остаточной влажности в кеке, что является основной технологической целью процесса.

Основные преимущества применения технологии:

- получение возможности смешивать крупную и мелкую фракцию в любых соотношениях;

- возможность добавления отходов в товарный продукт, иными словами, увеличение выхода обогатительной фабрики за счет мелкого угля;
- снижение логистических затрат из-за уменьшенного содержания влаги в товарном продукте;
- решение проблемы смерзания отгружаемого угля при транспортировке;
- отказ от термической сушки;
- высокая удельная производительность вакуумного фильтра за счёт запатентованных инновационных решений.

Процесс применения перегретого пара в технологиях вакуумной фильтрации сопровождается увеличением общей производительности оборудования в диапазоне от 5% до 10%. Достижение предела, при котором продолжительность фильтрации не влияет на конечный результат, наступает раньше, чем при режимах без подачи пара и, как следствие, появляется возможность увеличения оборотов работы оборудования.

Применение данной технологии на высокосольных углях позволяет шихтовать их с товарным продуктом, что также приводит к увеличению общей производительности обогатительной фабрики и получению дополнительного дохода из ранее не используемой хвостовой части угольного объёма.



Металлургический сектор

7. Анализ НТД для металлургического сектора

В металлургической промышленности Казахстана действуют 76 крупных и средних предприятий, в том числе в черной металлургии – 30 предприятий; производстве основных благородных и цветных металлов – 36 предприятий.

Самыми крупными предприятиями в сфере цветной металлургии являются следующие:

- ТОО «Корпорация «Казахмыс»,
- ТОО «Казцинк»,
- АО «Алюминий Казахстана»,
- АО «Казахстанский электролизный завод»,
- АО «Усть-Каменогорский титано-магниевого комбинат»,
- АО «ГМК Казахалтын»,
- АО «Варваринское» (ОАО «Полиметалл»),
- АО «АК «Алтыналмаз».

В сфере черной металлургии:

- АО «АрселорМиттал Темиртау»,
- ТОО «Кастинг»,
- ТОО «KSP Steel».

7.1 Описание технологических процессов, используемых в металлургическом секторе

Металлургия – наука об извлечении металлов из природных соединений (руд) и дальнейшей их переработке с целью придания металлу определенных свойств.

Различают черную металлургию, занимающуюся производством железа и его сплавов, и цветную – производство всех остальных металлов и их сплавов.

Металлургическое производство – сложная система производств, базирующихся на месторождении руд, коксующихся углей, энергетических комплексах.

Структура металлургического производства включает: шахты и карьеры по добыче руд и каменных углей; горно-обогатительные комбинаты (ГОК), где обогащают руды, под-

готовляя их к плавке; коксохимические заводы, где осуществляют подготовку углей, их коксование и извлечение из них полезных химических продуктов; энергетические цеха для получения сжатого воздуха и кислорода, очистки металлургических газов; доменные цеха для выплавки чугуна и ферросплавов; сталеплавильные цеха (мартеновские, конвертерные, электроплавильные) для производства стали; прокатные цеха для переработки выплавленного металла в сортовой, трубный, листовой и специальный прокат.

Основная продукция черной металлургии: перелыйный (белый) чугун для переработки на сталь; литейный (серый) чугун для получения фасонных отливок на машиностроительных заводах; ферросплавы (ферромарганец, ферросилиций, феррованадий и другие) для выплавки легированных сталей; стальные слитки для производства проката; кузнечные слитки для изготовления крупных кованых валов, роторов турбин, дисков и т.п.

Продукция цветной металлургии: слитки (чушки) цветных металлов для прокатки различных профилей; лигатуры – сплавы из цветных металлов для получения легированных сплавов; слитки чистых и особо чистых металлов для приборостроения, электронной техники и других отраслей.

Для производства чугуна, стали и цветных металлов используют руду, флюсы, топливо и огнеупорные материалы.

Промышленной рудой называют горную породу, из которой на данном уровне целесообразно извлекать металлы или их соединения. Например, в настоящее время целесообразно извлекать металлы, если их содержание в руде составляет: железа не менее 30–60 %, меди 1–6 %, молибдена 0,005–0,02 %.

Бедные руды обогащают на ГОКах, то есть удаляют из руды часть пустой породы и получают концентрат с повышенным содержанием металла.

Флюсы – это материалы, загружаемые в плавильную печь для образования легкоплавкого соединения (сплавления) пустой породы, золы из топлива и других веществ, которые нужно удалить из конечного продукта. Такое соединение называется шлаком. Обычно шлак легче металла, распо-

лагается в печи сверху (всплывает) и может быть удален (слит) в процессе плавки. Шлак защищает расплавленный металл от контакта с воздухом и печными газами. Шлак бывает кислым, если в его составе преобладают кислотные оксиды (SiO_2 ; P_2O_5) и основным, если преобладают основные оксиды (CaO ; MgO ; FeO).

Топливом в металлургических печах служат кокс, природный газ, мазут, печные газы. Кокс получают на коксохимических заводах путем сухой перегонки при температуре 10000°C (без доступа воздуха) каменного угля специальных коксующихся сортов.

Огнеупорные материалы применяют для внутренней облицовки (футеровки) металлургических печей и ковшей для расплавленного металла. По химическим свойствам огнеупоры разделяют на кислые, основные и нейтральные. Кислые огнеупоры содержат большое количество кремнезема SiO_2 (динасовые, кварцеглинистые, кварцевый песок). Основные огнеупоры содержат основные оксиды CaO , MgO (магнезитовый, магнезитохромитовый кирпич). Нейтральные огнеупоры состоят из оксидов Al_2O_3 ; Cr_2O_3 (шамотный кирпич, высокоглиноземный, углеродистые блоки из графита).

При высоких температурах футеровка печи взаимодействует с флюсами и шлаками, поэтому в основной печи нельзя применять кислые флюсы и наоборот, в печи с кислой футеровкой – основные флюсы, так как это приведет к разрушению футеровки печи.

Производство чугуна

Для выплавки чугуна в доменных печах используют железные руды, топлива и флюсы.

Железные руды содержат железо в различных соединениях (чаще всего оксидах и карбонатах): магнитный железняк Fe_3O_4 (50–70% Fe); красный железняк Fe_2O_3 (50–60% Fe); бурый железняк, содержащий гидраты оксидов железа $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (30–50% Fe); шпатовый железняк FeCO_3 (30–50% Fe).

Топливом для доменной плавки служит кокс, позволяющий получить необходимую температуру и создать условия для восстановления железа из руды. В целях экономии часть

кокса заменяют природным газом, мазутом, пылевидным топливом.

Флюсом при доменной плавке служит известняк CaCO_3 . Это необходимо для удаления серы и фосфора из металла, в который они переходят из кокса и руды.

Сущность выплавки чугуна в доменных печах заключается в восстановлении оксидов железа, входящих в состав руды, оксидом углерода, водородом и твердым углеродом, выделяющимися при сгорании топлива в печи.

Доменная печь имеет стальной кожух, выложенный внутри шамотным кирпичом. Рабочее пространство печи включает колошник, шахту, распар, заплечики, горн, лещадь. В верхней части колошника находится засыпной аппарат, через который в печь загружают шихту. При работе печи шихта, проплавляясь, опускается вниз. В верхней части горна находятся фурмы, через которые в печь поступает горячий воздух (дутье), необходимый для горения топлива.

Воздух нагревается (для уменьшения потерь тепла и снижения расхода кокса) в воздухонагревателях за счет тепла отходящих из домны горячих газов. Воздухонагревателей три: один подает горячий воздух в домну, второй в это время сам нагревается, третий находится в резерве (или на ремонте). Периодически воздухонагреватели переключаются.

Вблизи фурм углерод кокса, взаимодействуя с кислородом дутья, сгорает. В результате выделяется теплота и образуется газовый поток, содержащий CO , CO_2 , N_2 , H_2 , CH_4 и другие газы.

Горячие газы, поднимаясь навстречу опускающейся шихте, нагревают ее, охлаждаясь у колошника до температуры $300\text{--}400^\circ\text{C}$ (в районе фурм температура достигает 2000°C). При нагреве шихты до температуры 5700°C начинается восстановление оксидов железа.

На уровне распара и заплечиков железо (точнее сплав железа с углеродом, марганцем, кремнием, фосфором, серой) расплавляется и каплями, протекая по кускам кокса и насыщаясь углеродом, стекает на лещадь печи. Шлак, имея меньшую плотность, располагается сверху металла (всплывает).

Чугун выпускают через чугунную летку каждые 3–4 часа, а шлак через шлаковую летку (она расположена выше чугунной) каждые 1–1,5 часа.

Основной продукцией доменной плавки является чугун (передельный или литейный) разного химсостава (например, 4–4,5% С; 0,8–1,2% Si; 0,15–0,3% P; 0,03–0,07% S), а также ферросплавы (ферросилиций, ферромарганец, феррохром, феррованадий и др.).

Побочные продукты доменного процесса – шлак (дорожное строительство, шлаковата, цемент, шлакоблочные изделия и пр.) и доменный газ (топливо для воздухонагревателей, для отопления и т.п.).

Доменная печь – агрегат непрерывного действия. Она с момента ввода в эксплуатацию (задувки) работает непрерывно от 5–7 до 12–15 лет. В технической литературе описан случай, когда домна проработала непрерывно 38 лет.

При остановке печи на ремонт прекращают засыпку материалов. Оставшаяся шихта опускается вниз, верхняя часть печи, освобождаясь, сильно нагревается горячими газами. Для предохранения засыпных устройств от разрушения их необходимо интенсивно охлаждать.

Получение меди

Медные руды бедные, содержат не более 5–6% меди, поэтому рентабельной считается руда, содержащая 1–2% меди. Основные медные руды: сульфидные (медный колчедан – халькопирит CuFeS_2 ; халькозим – медный блеск CuS) и окисленные (куприт Cu_2O ; CuO) и некоторые другие.

Процесс получения меди складывается из следующих этапов:

1. Обогащение руды путем флотации, основанной на смачиваемости водой породы и несмачиваемости частиц, содержащих медь. В результате получается медный концентрат, содержащий до 30% меди.
2. Обжиг концентрата в пламенных или электрических печах при температуре 1200–13000С (плавка на штейн).

Штейн – сплав сульфидов меди Cu_2S и железа FeS с содержанием меди до 60%. Продувка штейна в конвертере воз-

духом для окисления сульфидов меди и железа, перевода образующихся оксидов в шлак, а серы в SO_2 (газ). В результате получают черновую медь, содержащую 98–99% меди и небольшое количество золота, серебра, цинка, свинца, теллура, селена и др. Одновременно из отходящих газов извлекают серу.

Огневое и электролитическое рафинирование с попутным извлечением золота, серебра, теллура, селена и пр.

Электролитическим рафинированием получают медь чистотой 99,90–99,99% (марки М1, М0 и М00), огневым рафинированием чистотой 99,0–99,5 (марки М2, М3, М4).

Получение алюминия

Алюминий по распространению в природе занимает третье место после кислорода и кремния, а среди металлов – первое (в земной коре примерно 7,5% алюминия). Для получения алюминия необходимо значительное количество электроэнергии, поэтому его массовое производство стало возможным, когда появились дешевые источники электроэнергии (ГЭС). В начале прошлого века алюминий ценился дороже золота.

Рудами алюминия являются породы, богатые глиноземом Al_2O_3 и залегающие крупными массами. Важнейшая руда – бокситы состоит из гидратов оксидов алюминия и железа, кремнезема, соединений кальция, магния и др.

Производство алюминия складывается из трех основных процессов:

Получение глинозема щелочным способом: бокситы обрабатывают щелочью $NaOH$, фильтруют, обезвоживают обжигом при температуре 1100–12000С. Одновременно получают криолит Na_3AlF_6 из плавикового шпата; его отфильтровывают и просушивают в сушильных барабанах.

Электролиз глинозема в расплавленном криолите при температуре 930–9700С в ванне из углеродистого материала. Катодом служит расплавленный алюминий слоем 200–300 мм на дне ванны, анодом – углеродистые блоки, погруженные в электролит. Процесс идет на постоянном токе напряжением 4–4,5 вольта и силой тока 70–140 тысяч ампер. Алю-

миний собирается на дне ванны и периодически извлекается; на дне ванны оставляют немного алюминия (катод).

В результате электролиза получается алюминий – сырец, содержащий примеси и газы. Рафинирование первичного алюминия производят: а) продувкой хлора через расплав алюминия в закрытом ковше. Образующийся парообразный хлористый алюминий обволакивает частички примесей, которые всплывают и их удаляют. Для выделения газов из металла его выдерживают 30–45 мин. при температуре 690–7300С. Чистота алюминия составляет 99,5–99,85%; б) для получения алюминия высокой чистоты (электротехнического) применяют электролитическое рафинирование (электролит – раствор хлористых и фтористых солей; катод – пластины чистого алюминия). Можно получить алюминий чистотой 99,999%. Расход электроэнергии составляет 17–19 кВт*ч ·ч на 1 кг алюминия.

Производство магния

Подобно алюминию магний получают электролизом из его расплавленных солей.

Основным сырьем для получения магния являются: карналлит ($MgCl_2 \cdot KCl \cdot 6H_2O$), магнезит ($MgCO_3$), доломит ($CaCO_3 \cdot MgCO_3$), бишофит ($MgCl_2 \cdot 6H_2O$). Наибольшее количество магния получают из карналлита. Сначала карналлит обогащают и обезвоживают. Безводный карналлит ($MgCl_2 \cdot KCl$) используют для приготовления электролита.

Электролиз осуществляют в электролизере, футерованном шамотным кирпичом. Анодами служат графитовые пластины. Электролизер заполняют расплавленным электролитом состава: 10% $MgCl_2$, 45% $CaCl_2$, 30% $NaCl$, 15% KCl с небольшими добавками NaF и CaF_2 . Такой состав электролита необходим для понижения температуры его плавления $[(720 \pm 10)0C]$. Для электролитического разложения хлористого магния через электролит пропускают ток. В результате образуются ионы хлора, которые движутся к аноду. Ионы магния движутся к катоду и после разряда выделяются на поверхности, образуя капельки жидкого черного магния. Магний имеет меньшую плотность, чем электролит, поэтому

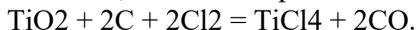
он всплывает на поверхность, откуда его периодически удаляют вакуумным ковшом.

Черновой магний содержит 5% примесей, поэтому его рафинируют переплавкой с флюсами. Для этого черновой магний и флюс, состоящий из $MgCl_2$, KCl , $BaCl_2$, CaF_2 , $NaCl$, $CaCl_2$, нагревают в электропечи до температуры 700–500С и перемешивают. При этом неметаллические примеси переходят в шлак. После этого печь охлаждают до температуры 6700С и магний разливают в изложницы на чушки.

Производство титана. Сырьем для получения титана являются титаномагнетитовые руды, из которых выделяют ильменитовый концентрат, содержащий 40–45% TiO_2 , ~30% FeO , 20% Fe_2O_3 и 5–7% пустой породы. Название этот концентрат получил по наличию в нем минерала ильменита $FeO \cdot TiO_2$.

Ильменитовый концентрат плавят в смеси с древесным углем, антрацитом в руднотермических печах, где оксиды железа и титана восстанавливаются. Образующееся железо науглероживается, и получается чугун, а низшие оксиды титана переходят в шлак. Чугун и шлак разливают отдельно в изложницы. Основной продукт этого процесса – титановый шлак содержит 80–90% TiO_2 , 2–% FeO и примеси – SiO_2 , Al_2O_3 , CaO и др. Побочный продукт этого процесса – чугун используют в металлургическом производстве.

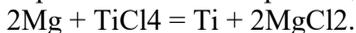
Полученный титановый шлак подвергают хлорированию в специальных печах. В нижней части печи располагают угольную насадку, нагреваемую при пропускании через нее электрического тока. В печь подают брикеты титанового шлака, а через фурмы внутрь печи – хлор. При температуре 800–12500С в присутствии углерода образуется четыреххлористый титан, а также хлориды $CaCl_2$, $MgCl_2$ и другие:



Четыреххлористый титан отделяется и очищается от остальных хлоридов благодаря различию температуры кипения этих хлоридов методом ректификации в специальных установках.

Титан из четыреххлористого титана восстанавливают в реакторах при температуре 950–10000С. В реактор загружа-

ют чушковый магний; после откачки воздуха и заполнения полости реактора аргоном внутрь его подают парообразный четыреххлористый титан. Между жидким магнием и четыреххлористым титаном происходит реакция:



Твердые частицы титана спекаются в пористую массу – губку, а жидкий MgCl_2 выпускают через летку реактора. Губка титана содержит 35–40% магния и хлористого магния. Для удаления из титановой губки этих примесей ее нагревают до температуры 900–9500С в вакууме.

Титановую губку плавят методом вакуумно-дугового переплава. Вакуум в печи предохраняет титан от окисления и способствует очистке его от примесей. Полученные слитки титана имеют дефекты, поэтому их вторично переплавляют, используя как расходоуемые электроды. После этого чистота титана составляет 99,6–99,7%. После вторичного переплава слитки используют для обработки давлением.

7.2 Наилучшие доступные технологии в металлургическом секторе и рекомендации по их применению

В черной металлургии наиболее топливоекими производствами отрасли являются доменное производство (до 41% топлива отрасли), прокатное и трубное (10%), агломерационное (7%), мартеновское (7%), коксохимическое (6%). К электроемким производствам относятся ферросплавное (до 17% расхода электроэнергии отрасли), горнорудное (добыча и обогащение руды, 14,6%), прокатное (12%), производство кислорода (7%), электроплавильное (4,4%). Наибольшее количество тепловой энергии используют производства: коксохимическое (18,4%), прокатное (7,6%) и доменное (4,4%).

Основными направлениями энергосбережения в черной металлургии являются:

- внедрение прогрессивных технологий в агломерационное производство и производство окатышей с рекуперацией теплоты;

- применение в коксохимическом производстве термической подготовки шихты;
- увеличение содержания железа в железнорудной части шихты; повышение доли окускованности материалов в шихте; увеличение средней температуры и применение комбинированного дутья;
- вдувание в доменные печи пылеугольного топлива; рециркуляция доменного газа с очисткой его от окислителей; внедрение усовершенствованных компрессорных агрегатов.

В перспективе в черной металлургии предстоит осуществить комплекс мероприятий:

- замена эксплуатируемых и ввод в действие новых теплоутилизационных установок;
- расширение использования технологии сухого тушения кокса;
- повышение давления в рабочем пространстве печей;
- укрупнение доменных печей;
- повышение температуры дутья; применение комбинированного дутья с вдуванием
- газообразных, жидких и твердых восстановителей с подачей кислорода;
- повышение доли непрерывной разливки стали;
- замена мартеновского способа производства кислородно-конверторным и электросталеплавильным;
- разработка и освоение технологии термического упорядочения сортового и листового проката в процессе прокатки;
- совершенствование технологии прокатного производства с целью сокращения числа циклов нагрева металла;
- вдувание в домны горячих восстановительных газов, полученных методом конверсии природного газа с очисткой его от окислителей;
- совершенствование технологии процессов производства агломерата и окатышей;

- расширение использования газовых утилизационных бескомпрессорных турбин;
- полное использование в качестве топлива конверторного газа;
- реконструкция ферросплавного производства с заменой открытых печей закрытыми с целью утилизации ферросплавного газа в качестве топлива;
- повышение энергетической эффективности электросталеплавильного производства за счет повышения качества шихты, автоматизации управления технологическими процессами с помощью микропроцессоров, совершенствования электрооборудования.

Эффективному использованию ЭР в черной металлургии способствует, применение установок непрерывной разливки стали (УНРС). Эти установки устраняют необходимость в такой существенной ступени производственного процесса на заводе, как разлив стали по изложницам и обжим слитков на блюмингах и слябингах. Создают основы для полной автоматизации производственных процессов в сталеплавильных цехах, с увязкой их в единый комплекс с непрерывным потоком металла в сталеплавильном и прокатном цехах.

Основными потребителями электроэнергии в электросталеплавильном и ферросплавном производстве являются мощные сталеплавильные рудотермические печи. Единичная мощность печей 125 МВА сталеплавильных, 100 МВА - ферросплавных. Основная часть электроэнергии расходуется непосредственно в термических установках: в электропечах - 85-90%, в ферросплавном производстве - 95-97%.

С увеличением мощности и производительности печей снижается удельный расход электроэнергии. Водяное охлаждение электродов дуговых сталеплавильных печей (ДСП) снижает расход энергии на 20%, применение специальных покрытий - на 15%, использование графита - на 20%, улучшение герметичности и тепловой изоляции - на 5-7%.

Значительные потери энергии (до 20%) в ферросплавном производстве связаны с использованием полузакрытых и открытых рудно-термических печей мощностью до 15 МВА, в

которых значительное количество теплоты теряется с уходящими газами. Увеличение мощности таких печей до 60-80 МВА снижает удельные расходы энергии на 4-6%.

Существуют различные способы интенсификации теплопередачи в печах, обусловленной концентрацией энергии в рабочем пространстве технологического агрегата. Некоторые из них связаны с расширением зоны подвода энергии: предварительный нагрев шихты, повышение потенциала энергоносителя в рекуператорах и т.д., например, использование индукционного нагрева и плавки изделий.

Совершенствование конструкции агрегатов, которое, как правило, диктуется требованиями водоохлаждения. Так, чтобы обеспечить резкий рост мощности ДСП до 100 МВА емкостью 100 т, приходится применять водоохлаждающие элементы футеровки стен и свода, которые занимают до 80% поверхности огнеупорной футеровки. Чтобы эффективнее использовать рабочее пространство при повышении загрузки агрегатов, рекомендуется предварительная подготовка исходного продукта, его гранулирование, использование окатышей, добавление до 20% мелочи, применение методов уплотнения загрузки.

Используются методы целенаправленного воздействия на процесс формирования электрического поля, снижение частоты тока, создание двух-, трех- и многофазных печей. Создаются и внедряются вакуумно - дуговые, плазменные и лазерные установки.

В цветной металлургии наиболее энергоемкими являются алюминиевое, медное, никелевое, свинцово-цинковое и титаномагнелиевое производства. Например, для получения одной тонны алюминия необходимо израсходовать 9 т.у.т., никеля - 13.4, цинка - 2, меди - 1.4, свинца - 0.9. Использование цветных металлов вместо черных оказывает значительное влияние как на технический прогресс, так и на энергосбережение в смежных отраслях. Так, замена стали на алюминий при производстве автомобилей высвобождает ежегодно более 2тыс. кВт*ч электроэнергии, а при производстве грузовых машин до 40 тыс. кВт*ч. Фактическое превышение удельных затрат энергии при производстве цветных

металлов над теоретическими составляет: для алюминия примерно 2 раза, свинца - 3, олова - 4, меди - 20. Значительные резервы ресурсосбережения в цветной металлургии связаны с использованием вторичных металлов, которое снижает энергозатраты в 7-10 раз, а при производстве вторичного алюминия в десятки раз. Важнейшие направления энергосбережения в цветной металлургии:

- широкое внедрение автогенных процессов при производстве меди, никеля и других цветных металлов, при переработке сульфатных руд, в том числе, плавки в жидкой ванне, взвешенной плавки, кислородно-факельной плавки, кислородно-взвешенной циклонно-электротермической плавки (КИВЦЭТ);
- преимущественное развитие комплексных безотходных технологий, позволяющих максимально использовать сырьевые ресурсы за счет одновременного производства различных продуктов, в том числе переработки нефелинового сырья;
- широкое внедрение агрегатов с высокой эффективностью использования энергоресурсов (печей кипящего слоя, новых типов электроплавильных печей, усовершенствование схем производства глинозема);
- укрупнение единичных мощностей энергоемких технологических агрегатов;
- повышение доли электролизеров с обожженными анодами, оптимизация их технологических параметров и применение литиевых добавок в производстве алюминия;
- добыча руды с применением энергосберегающей циклично-поточной технологии;
- расширение применения предварительного обогащения полиметаллических руд в тяжелых средах;
- внедрение радиометрической сортировки руд, обеспечивающей сокращение объемов переработки пустой породы;
- использование микробиологических методов извлечения меди и цинка;

- разработка вопросов создания единых комплексов по выпуску алюминия и глинозема с использованием ядерной энергии.

В цветной металлургии следует снижать нормы расхода энергоресурсов за счет улучшения использования и совершенствования структуры производственного оборудования, улучшения качества сырья, более полного использования вторичных цветных металлов, более полной утилизации ВЭР.

На сегодняшний день самые наилучшие доступные технологии в металлургии на территории Казахстана представлены в Табл. 7.2-1.

Табл. 7.2-1 Перечень наилучших доступных технологий

№ п/п	Наименование технологии
1.	Химическая обработка оборотной воды для исключения образования отложения на внутренних стенках труб технологического оборудования
2.	Внедрение теплового насоса с использованием теплоты оборотной воды сернокислотного производства
3.	Замена трубных решеток греющих элементов выпарной батареи
4.	Укрытие электролизных ванн в электролитном цехе
5.	Внедрение котла-утилизатора на газовом рецикле рудно-термических печей и установки умягченной воды
6.	Полезное использование тепла уходящих газов после печей спекания

7.2.1 Химическая обработка оборотной воды для исключения образования отложения на внутренних стенках труб технологического оборудования

Производственно-технологические процессы производства глинозема предполагают переработку сырья подвергая ее термическим и химическим преобразованиям сопровождающимися нагревом и охлаждением в процессе производства. Для целей охлаждения технологического оборудования

и различных жидких сред в процессе производства осуществляется за счет передачи тепла оборотной воде, циркулирующей по предприятию, которая в свою очередь отдает тепло окружающему воздуху в башенных и металлокаркасных градирнях.

На оборудовании, где возможно попадание в оборотную воду, конденсата и т.д. щелочных растворов установлены мерники щелочи, которые при повышении концентрации до 1-го уровня сигнализируют, а при достижении 2-го уровня переключают потоки.

В производственном процессе при неисправности оборудования оборотные растворы периодически попадают в оборотную воду и тем самым повышают ее щелочность.

На основании полученных из лаборатории данных по химическому составу подпиточной воды и воды в системе, можно разработать программу стабилизационной обработки для предотвращения развития микробиологии, образования отложений биологического характера на поверхностях теплообмена, а также снижения скорости коррозии и накипеобразования конструкционных материалов, которая основана на применении определенных реагентов.

Основной целью предлагаемой программы является поддержание оптимальных условий работы теплообменного оборудования путем проведения комплексной стабилизационной реагентной обработки оборотной воды, обеспечивающей низкие свойства воды к накипеобразованию, отсутствие солевых и микробиологических отложений и водорослей.

Основная идея предлагаемой программы направлена на предотвращение образования новых минеральных отложений на стенках теплообменного оборудования, и отмытки от существующих отложений. Применение высокоэффективных неокисляющих биоцидных реагентов, будет способствовать отсутствию биокоррозии и биоотложений.

Наибольшую опасность для водооборотных систем представляют продукты метаболизма живых организмов, водоросли и бактерии, вырабатывающие жирные кислоты, - клейкие вещества, адсорбирующие содержащиеся в системе частицы и формирующие суспензии. Новые образования

представляют собой большие неустойчивые молекулы. С повышением температуры происходит их коагуляция с образованием студенистой вязкой массы, способной откладываться на поверхностях теплообменников.

Наиболее распространены аэробные бактерии, которые создают благоприятную среду для сульфатвосстанавливающих бактерий, которые восстанавливают соли серной кислоты до сероводорода.

В результате деятельности этих бактерий электрохимическая коррозия начинает протекать в тех средах, где нет доступа кислорода. Таким образом, комплексная обработка оборотной системы предполагает не только эффективную борьбу с процессами накипеобразования неорганического характера, но и с предотвращением образования биологических отложений, поскольку теплопроводность их в 10 раз ниже, чем теплопроводность кальциевых и железистых отложений.

В настоящее время разработаны и успешно используются биоциды, характеризующиеся высоким дезинфицирующим воздействием на бактерии и вирусы, с низкой степенью токсичности, длительно сохраняющие биоцидное воздействие, обладающие широким спектром действия способные контролировать развитие различных микроорганизмов и растительности.

Программой биоцидной обработки предусмотрено использование эффективных биоцидных препаратов пролонгированного действия, устойчивых в широком диапазоне pH, не реагирующих с конструкционным материалом систем и не разрушающих используемый ингибитор, для достижения содержания ОМЧ в оборотной воде не более 104 колоний/дм³.

Реализация данного мероприятия позволит исключить выпадение в осадок и образования твердых отложений на внутренней поверхности трубопроводов и оборудования не удаляемых отложений белого цвета. Данное обстоятельство положительно скажется на надежности работы трубопроводной инфраструктуры завода и позволит исключить периодическую замену участков трубопроводов, в которых отложения достигли предельной толщины и создают значительное

препятствие для транспортировки оборотной воды, увеличивая расход электроэнергии на привод насосов для повышения напора для продавливания воды через уменьшенное сечение трубы. Кроме того, все это повлияет на снижение потребления энергоресурсов.

Технический аспект: Поддержание оптимальных условий работы теплообменного оборудования.

Экономический аспект: Экономия достигается за счет снижения потребления электроэнергии при исключении повышения напора. Примерный срок окупаемости составляет 1 год.

7.2.2 Внедрение теплового насоса с использованием теплоты оборотной воды сернокислотного производства²⁷

Утилизация теплоты оборотной воды с помощью тепловых насосов для целей теплоснабжения предприятия является одним из эффективных энергосберегающих технических решений.

Тепловой насос работая в течение отопительного периода и позволит полностью отказаться от тепловой энергии от ТЭЦ на отопление завода.

Системе технического водоснабжения технологического производства с охлаждением воды в градирнях также присутствуют весьма существенные недостатки:

- вся теплота, отводимая от технологического оборудования, теряется;
- огромные масштабы отвода теплоты в окружающую среду приводит к «тепловому загрязнению»;
- температура охлажденной воды зависит от параметров окружающей среды и в теплые периоды года значительно превышают температуру, необходимую для

²⁷ Азизов, Д. Х. Теплонасосная установка для утилизации теплоты оборотной воды / Д. Х. Азизов, Б. И. Салохиддинов. — Текст : непосредственный // Молодой ученый. — 2017. — № 1 (135). — С. 24-26. — URL: <https://moluch.ru/archive/135/37903/> (дата обращения: 17.05.2021).

нормальной эксплуатации технологических установок. В результате производительность технологического оборудования в теплый период года снижается.

- контакт воды с атмосферой в градирнях приводят к её загрязнению и интенсивному образованию накипи в теплообменных поверхностях технологического оборудования, что сопровождается снижением производительности, перерасходам тепловой энергии, повышением расхода энергии на перекачку воды и неизбежными частными чистками теплообменных поверхностей;
- значительные потери воды, вызванные её испарением и механическим уносом;
- ограничение температуры теплой воды, отводимой от охлаждаемого технологического оборудования величиной $35\text{--}40^\circ\text{C}$, поскольку при более высокой температуре начинается интенсивное выпадение солей карбонатной жесткости на теплообменных поверхностях;
- сооружение градирен сопровождается отчуждением больших территорий.

Утилизация теплоты оборотной воды с помощью тепловых насосов для целей теплоснабжения является одним из эффективных энергосберегающих технических решений.

Переход с открытой водяной системы охлаждения технологического оборудования, когда она охлаждается в градирнях, на закрытую, когда вода охлаждается в испарителях теплового насоса, наряду с утилизацией теплоты для полезного её использования дополнительно позволит улучшить качество технического водоснабжения, снизить температуру охлаждающей воды, сократить расход свежей воды для охлаждения технологического оборудования.

С целью утилизации теплоты оборотной воды в летний период для обеспечения горячего водоснабжения завода, для этого необходимо выполнить следующее:

- полностью отключаться от тепловой сети ТЭЦ на летний период и производить подпитку внутренней теплосети сырой хозяйственно - питьевой водой;

- предусмотреть дополнительно в схеме установку бака-аккумулятора горячей воды и циркуляционных насосов горячей воды;
- тепловой насос выполнить в виде станции с двумя или тремя параллельно работающими тепловыми насосами разной мощности с целью большей возможности менять производительность в зависимости от тепловой нагрузки.

В летний период подача горячей воды будет производиться следующим образом. Холодная хозяйственно - питьевая вода будет подаваться циркуляционным насосом в конденсатор одного из тепловых насосов меньшей мощности и нагретая до 55 – 60 °С через бак- аккумулятор поступать в обратную линию системы отопления на разбор горячей воды.

Мировой опыт показывает, что энергетические и экологические проблемы с неизбежностью приводят к необходимости широкого применения тепловых насосов на предприятиях.

Технический аспект: Переход на закрытую систему охлаждения, улучшение качества технического водоснабжения.

Экономический аспект: Экономия достигается за счет сокращения расхода свежей воды. Примерный срок окупаемости составляет 5 лет.

7.2.3 Замена трубных решеток греющих элементов выпарной батареи

Для упаривания кристаллизующихся растворов большей частью применяют аппараты с вынесенной зоной кипения, в которых за счет давления столба жидкости в трубках происходит парообразования, а вскипание происходит в верхней части аппарата, что уменьшает образование отложений на трубках. Наряду с типовыми выпарными аппаратами некоторое применение находят отдельные специальные конструкции. Среди них следует отметить выпарные аппараты с погружным горением, в которых выпаривание раствора про-

изводится за счёт сгорания газа в горелке, погруженной непосредственно в слой жидкости.

Рассматриваемая выпарная батарея состоит из одного двухходового аппарата с естественной циркуляцией (АГП), пяти аппаратов типа «Кестнер», самоиспарителя крепкого раствора, баромконденсатора и конденсатной схемы.

Выпарная батарея работает по четырехкорпусной противоточной схеме. В качестве вакуумных корпусов используются сдвоенные аппараты с «падающей пленкой» при параллельной подаче в них греющего пара из корпуса и исходного маточного раствора.

В выпарной батарее осуществляется упаривание слабых щелочных растворов паром ТЭЦ, при котором происходит процесс концентрирования нелетучих веществ при кипении, и удаление из раствора воды в виде вторичного пара.

Одним из минусов эксплуатации и снижения эффективности этих батарей, является проведение в них несвоевременного ремонта по замене трубных решеток греющих элементов выпарных батарей, в процессе эксплуатации не исправные трубки отглушают или при значительном износе трубных досок исключают из групповой работы.

При отключении неисправных корпусов выпарной батареи, выпарная установка вынуждена работает с меньшим количеством корпусов, что приводит к увеличению расхода пара на оставшихся выпарных батареях, что в свою очередь снижает экономичность работы установки в целом.

Технический аспект: Повышение эффективности работы выпарной батареи.

Экономический аспект: Экономия достигается за счет сокращения расхода пара и как следствие снижение расхода топлива. Примерный срок окупаемости составляет до 2 лет.

7.2.4 Укрытие электролизных ванн в электролитном цехе

По технологическому регламенту температуру электролита в электролизных ваннах на катодном участке должны

поддерживать на уровне 60 – 62 °С. Электролит подогревается паром в кожухотрубных теплообменниках. Каждая серия ванн объединены в циркуляционную линию с подогревателем и насосом. С открытых поверхностей ванн происходит передача теплоты и испарение электролита в помещение участка.

С целью экономии тепловой энергии необходимо на время процесса электролиза производить укрытие ванн полиэтиленовой пленкой толщиной 100 мкм (0,1 мм). Ванны можно закрывать по сериям. Укрытие ванн пленкой несколько увеличит трудоемкость обслуживания ванн.

Технический аспект: повышение эффективности работы электролизных ванн.

Экономический аспект: Экономия достигается за счет снижения потребления тепловой энергии и как следствие снижение расхода топлива. Примерный срок окупаемости составляет до 2 лет.

7.2.5 Внедрение котла-утилизатора на газовом рецикле рудно-термических печей и установки умягченной воды

С целью использования теплоты отходящих газов после рудно-термических печей предлагается установить паровой котел-утилизатор в систему газового рецикла. Котел-утилизатор устанавливается параллельно охлаждающей башне с подачей в него газа из газохода рецикла.

Котел-утилизатор подключается по газу к существующему газоходу без изменений основного оборудования газового рецикла. Существующий дымосос обеспечит работу рецикла с котлом-утилизатором. В газоходе перед охлаждающей башней необходимо установить шибер, чтобы направить газы в котел. При необходимости, всегда можно вернуться к работе рецикла с охладительной башней. Парогазовая смесь из котла поступает в сепаратор, где происходит отделение пара от жидкой фазы. Насыщенный пар из сепаратора поступает к потребителям.

Для подпитки водой котла-утилизатора необходимо применение химочищенной воды поэтому необходимо предусмотреть установку по подготовке умягченной воды для котла-утилизатора и одновременно восстановить использование умягченной воды в контуре охлаждения коротких цепей и электродержателей РТП. При этом, все оборудование по подготовке воды располагается в насосной станции системы охлаждения коротких сетей.

Технический аспект: Использование теплоты уходящих газов.

Экономический аспект: Экономия достигается за счет снижения потребления тепловой энергии. Оценочный срок окупаемости составляет до 4 лет.

7.2.6 Полезное использование тепла уходящих газов после печей спекания

При работе печи образуются дымовые газы с температурой 240 – 280 °С, которые поступают в систему газоочистки, где происходит улавливание пыли, а очищенные дымовые газы через дымовую трубу выбрасываются в атмосферу. Основным топливом для печи спекания является Шубаркульский уголь.

В качестве вспомогательного топлива для печей спекания (режимы розжига, пуска, горячего резерва) используется мазут марок 100 или 40 в соответствии со стандартом ГОСТ 10585 – 85, сернистый и малосернистый.

В соответствии с «Методические указания по предупреждению низкотемпературной коррозии поверхностей нагрева и газоходов котлов. МУ 34-70-118-84, М. 1986 г.» температуру уходящих газов при номинальной нагрузке необходимо принимать в зависимости от содержания серы в мазуте, при содержании серы 2,1 – 3,0 %, температура уходящих газов должна быть не ниже 160 °С. Для уменьшения низкотемпературной коррозии необходимо обеспечить температуру воды на входе в экономайзер, равную 105 – 110 °С.

В качестве нагреваемой среды, полезно использующей тепло уходящих дымовых газов, предлагается использовать водный раствор Участка переработки спека, подаваемый на автоклавы с температурой 100 – 105 °С, также в первый автоклав подается свежий пар 12 атмосфер с ТЭЦ с температурой 240 – 280 °С, где за счет выдержки при температуре 125 – 145 °С происходит обескремнивание.

При нагреве алюминатного раствора в дополнительном экономайзере до входа в автоклав его температура будет выше и для его нагрева до необходимой температуры необходимо будет затратить меньшее количество пара с ТЭЦ.

Для реализации данной схемы предлагается на напоре насоса подачи алюминатного раствора на автоклавы установить запорную арматуру, которая будет перенаправлять раствор на дополнительный экономайзер, установленный в сборном газоходе после дымососов печи спекания, где будет происходить, нагрев раствора и далее уже нагретый раствор будет поступать на вход в первый автоклав с температурой большей чем до подачи на экономайзер.

Полезное использование температуры уходящих газов после печей спекания с утилизацией тепла в технологическом процессе завода, посредством установки в поток уходящих дымовых газов дополнительный экономайзер, который будет передавать тепло от горячих газов жидкости протекающей по трубопроводам экономайзера.

Нагретый в дополнительно установленном экономайзере водный раствор потребует меньшего расхода пара с ТЭЦ на свой нагрев, таким образом будет обеспечиваться экономия ТЭР.

Технический аспект: Использование теплоты уходящих газов.

Экономический аспект: Экономия достигается за счет снижения потребления тепловой энергии. Оценочный срок окупаемости составляет до 4 лет.

7.3 Экономические аспекты реализации наилучших доступных технологий в металлургическом секторе

Общее состояние металлургии характеризуется высокой степенью морального и физического износа оборудования, что приводит к значительному повышению энергоемкости производств. Падение уровня производства приводит к тому, что многие металлургические предприятия вынуждены обеспечивать энергоресурсами производственные площади, не соответствующие фактическому объему производства.

При этом общие непроизводственные затраты энергоресурсов для поддержания жизнедеятельности ложатся на меньший объем выпускаемой продукции, что увеличивает долю энергозатрат в ее себестоимости.

Ограниченность в финансовых ресурсах приводит к тому, что возникающие технические проблемы зачастую решаются только доступными способами, без необходимого технико-экономического анализа и проработки, что в долгосрочной перспективе приводит к значительным финансовым потерям.

Несмотря на то, что в последнее время отношение к энергосбережению на меняется в лучшую сторону, сложившиеся за многие годы материальные и организационные основы производственного процесса остаются энергоемкими.

Однако, при определении энергетической и соответственно экономической эффективности проводимых энергосберегающих мероприятий необходимо учитывать ряд факторов, которые могут приводить к увеличению потребления энергетических ресурсов, но при этом совершенствовать производственный процесс и повышать качество выпускаемой продукции. К факторам, повышающим удельный расход энергетических ресурсов, необходимо, прежде всего, отнести мероприятия по охране окружающей среды, повышение безопасности и надежности технологического оборудования, а также качественное или количественное изменение потребительских свойств продукции.

В экономических аспектах энергосберегающих мероприятий можно выделить несколько видов:

- Мероприятия в системах энергоснабжения, влияющие на производственный процесс. При проведении таких мероприятий может поменяться количество и качество топливно-энергетических ресурсов, передаваемых из систем энергоснабжения в систему энергопользования, в результате реконструируется или интенсифицируется производственный процесс. Экономический эффект в этом случае достигается за счет экономии энергетических ресурсов и сокращения издержек при производстве, передаче и распределении энергии, а также как качественное, так и количественное улучшение самого производственного процесса (увеличение объема выпуска продукции, повышение качества продукции, сокращение расхода материалов, снижение удельных энергетических затрат).
- Мероприятия в системе энергопользования, влияющие на технологический процесс. В системе энергопользования таких мероприятий значительное количество, так как энергопотребляющие оборудование и агрегаты непосредственно задействованы в производственном процессе. Экономический эффект в таком случае достигается за счет экономии топливно-энергетических ресурсов и сокращения эксплуатационных расходов в основном производстве.
- Мероприятия, повышающие надежность работы оборудования. Данные мероприятия могут быть осуществлены как в системах энергоснабжения, так и в системах энергопользования. Экономический эффект в таком случае определяется по сокращенному ущербу от некачественного энергоснабжения (сбои в энергоснабжении, отклонение параметров подаваемых энергоресурсов от заданных и необходимых в технологическом процессе).

Таким образом, выбрав самые наилучшие и перспективные направлений повышения энергоэффективности на пред-

приятии достигаются самые высокие показатели по эффективному и экономичному расходу топливно-энергетических ресурсов и как следствие снижение затрат на производство основной продукции и содержание сопутствующих подразделений.

7.4 Перспективные технологии в металлургическом секторе

7.4.1 Применение Байер-гидрогранатовой технологии переработки железистых бокситов

Мировое производство глинозема базируется в основном на высококачественных бокситах, перерабатываемых по способу Байера, за исключением России, перерабатывающей бокситы и нефелины по способу спекания, а также Казахстана и некоторых заводов Китая, перерабатывающих бокситы по последовательной схеме Байер-спекание.

Запасы качественных бокситов в мире ограничены. Актуальны задачи по расширению сырьевой базы глиноземного производства за счет использования низкокачественных бокситов и применения высокорентабельной технологии их переработки.

Казахстан по запасам бокситов занимает 17 место в мире и второе место после России, среди стран СНГ. Месторождения бокситов на территории Республики Казахстан группируются в восьми бокситоносных районах: Восточно-Торгайский (Амангельдинский), Западно-Торгайский, Центрально-Торгайский, Северо-Кокшетауский, Мугоджарский, Целиноградский (Акмолинский), Экибастузский, Причимкентский, отличающихся по геолого-морфологическим особенностям и масштабам оруденения. Наиболее крупные месторождения выявлены в Центрально-Торгайском и Западно-Торгайском бокситоносных районах. Всего на территории Республики Казахстан выявлено 250 месторождений бокситопроявлений, бокситоподобных пород и алюможелезняков.

В Казахстане бокситы перерабатываются на Павлодарском алюминиевом заводе по последовательной схеме Байер-спекание. Производство базируется на бокситах Западно-Торгайского и Амангельдинского бокситоносных районов со сравнительно низким содержанием вредных примесей, запасы которых постепенно исчерпываются.

Ухудшение качества бокситов вызывает увеличение расхода сырья, вспомогательных материалов, энергоресурсов, транспортных затрат по их перевозке, а также приводит к образованию большого количества отходов – шламов и выбросов в атмосферу. Существующие технологические схемы производства глинозема, включающие переделы спекания становятся все более малорентабельными с ростом цен на энергоносители и ужесточением требований по экологии и охране окружающей среды.

Современному глиноземному производству требуются инновационные технологические решения, позволяющие вовлекать в переработку низкокачественные бокситы при обеспечении низкого потребления энерго- и материальных ресурсов.

Проведен анализ бокситовых месторождений южной площади Центрально-Торгайского бокситоносного района Костанайской области. Выявлены два крупных месторождения: Наурзумское и Коктальское. На Коктальском и Западно-Убаганском месторождениях выделяются бокситы абразивного и байеровского сортов, пригодные соответственно для производства электрокорунда и переработки на глинозем по способу Байера. Наибольший интерес представляет месторождение Коктальское, на котором выделены рудные тела с общими запасами 50-60 млн. тонн.

Бокситы Коктальского месторождения характеризуются высоким содержанием окислов железа (до 26%), двуокиси титана (до 5 %), кремнезема (4-8%), глинозема (38-42%), а также содержанием скандия (10-30 г/т), галлия (5-30 г/т) и ванадия (10-150 г/т). Кремневый модуль $\mu\text{Si} - 4,8 \div 9,0$. Повышенные содержания в бокситах железа, титана и ряд других ценных компонентов указывают на комплексный характер

руд и необходимость разработки технологии, предусматривающей извлечение всех ценных компонентов.

По прогнозным ресурсам южной площади месторождения запасы бокситов по категориям P1 и P2 оцениваются в 310 млн тонн, а суммарные минеральные ресурсы района в целом, с учетом ISSN 2224-5278 Серия геологии и технических наук. № 3. 2017 153 категорий C1 и C2, превышают 400 млн тонн, и в настоящее время целесообразно проведение геологоразведочных работ, направленных на промышленное освоение месторождения уже в ближайшем будущем.

Значимым аргументом в пользу освоения Кокतालского месторождения бокситов является близкое расположение Кушмурунского месторождения бурых углей. Общие запасы углей месторождения составляют 2,7 млрд тонн.

Компактное расположение Кокतालской группы месторождений бокситов и крупнейшего Кушмурунского месторождения бурых углей, а также нефелиновых сиенитов Кубасадырского месторождения с уникальными запасами создают предпосылки для организации в Костанайской области горно-энергетического кластера. Строительство глиноземного производства на базе бокситов Кокतालской группы месторождений станет первым шагом по созданию кластера.

В соответствии с Государственной программой индустриально инновационного развития выдвинутой Президентом РК «100 конкретных шагов» разработана безотходная, инновационная Байер-гидрогранатовая технология комплексной переработки высокожелезистых бокситов Кокतालского месторождения Костанайской области.

Технологическая схема Байер-гидрогранатовой технологии переработки высокожелезистых кокतालских бокситов объединяет четыре процесса:

- схему Байера с получением алюминатного раствора и извлечением из него глинозема и красного шлама;
- технологию получения клинкера, необходимого для обеспечения баланса по каустической щелочи и вовлечения в процесс переработки золы от сжигания углей ТЭС, снабжающей энергией все производство;

- технологию совместного автоклавного выщелачивания клинкера и красного шлама высокомодульным алюминатным раствором, получения среднемодульного алюминатного раствора (СМР) и глубокой переработки гидрогранатового шлама;
- технологию конверсии среднемодульного щелочно-алюминатного раствора в высокомодульный оборотный раствор для возвращения в начало технологической схемы.

Отличительными особенностями предлагаемой технологии являются:

- регенерируемая из состава красного шлама масса Al_2O_3 возвращается в байеровскую ветвь в форме дисперсного гидроксида алюминия $Al(OH)_3$;
- щелочь, которую регенерируют из состава красного шлама и состава оборотной рыжей соды гидрогранатового передела, передают в байеровскую ветвь в виде аликвоты слабого средне-модульного раствора. Количество этого раствора адекватно массе $Na_2O_{общ} = Na_2O_{ку} + Na_2O_{угл}$ регенерируемой связанным оксидом натрия;
- водную суспензию гидроксида алюминия гидрогранатовой ветви подают в ветвь Байера на установку агломерации в линии разложения алюминатного раствора;
- алюминий содержащую золу ($Al_2O_3 \geq 30\%$) от сжигания бурых углей в котлоагрегатах заводской ТЭЦ полностью утилизируют в гидрогранатовом переделе, на узле термической каустификации соды;
- каустификацию оборотной соды с установки упаривания слабого высокомодульного раствора ведут через синтез алюмината натрия на основе Al_2O_3 угольной золы. Для этого смесь золы, соды, содового раствора и оборотного карбонатного продукта ($CaCO_3$) после регенерации трехкальциевого гидроалюмината (ТКГА) подвергают термической обработке при температуре $1000\text{ }^\circ\text{C}$ во вращательной печи;

- полученный твердый клинкер в составе $\text{Na}_2\text{O Al}_2\text{O}_3 + 2\text{CaO SiO}_2 + \text{CaO}$ вводят в качестве активирующей добавки в пульпу автоклавного выщелачивания красного шлама;
- газовую смесь $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ узла каустификации полностью утилизируют на узле карбонизации щелочно-алюминатного раствора в гидрогранатовом переделе;
- регенерацию (ТКГА) ведут бикарбонатным раствором NaHCO_3 посредством агитационного выщелачивания твердой фазы в мешалках при температуре $90\text{ }^\circ\text{C}$ получением щелочно-алюминатного раствора и карбонатного продукта CaCO_3 в твердом состоянии.

Разработанная Байер-гидрогранатовая технология и отдельные её переделы защищены 8 патентами РК.

Для испытания технологии в укрупненном масштабе на ОЭМП АО «ИМиО» создана опытная установка переработки кокталяских высокожелезистых бокситов по Байер-гидрогранатовой технологии с расчетной производительностью 50 кг боксита в час.

Разработан ТЭР «Строительство завода по производству глинозема, мощностью 1 млн тонн в год в Костанайской области Республики Казахстан», согласно которому преимуществами новой технологии являются более высокие показатели по сравнению с действующим производством (в перерасчете на 1 тонну оксида алюминия):

- экономия расхода кальцинированной соды на 90% (10 кг против 107,9 кг);
- уменьшение затрат на условное топливо (УТ) на 35% (0,31 т УТ против 0,48 т УТ);
- снижение вредных примесей экологических выбросов в 2-3 раза (2132 nm_3 /т против 6480 nm_3 /т);
- возможность получения, наряду с металлургическим глиноземом, галлия, ванадия, и экологически безвредного гидрогранатового шлама, пригодного для получения чугуна, строительного материала и титансодержащего шлама;

- снижение капитальных затрат на строительство глиноземного завода мощностью 1,0 млн т в год на 25% (845,0 млн долл. США против 1 130,0 млн долл. США).

При проектной мощности глиноземного завода по безотходной Байер-гидрогранатовой технологии 1,0 млн. тонн глинозема в год выпуск сопутствующей продукции составит:

- галлий металлический 16,0 тонн;
- пентаоксид ванадия (V₂O₅) 413 тонн;
- гидрогранатовый шлам 1,57 млн. тонн, из которого получаются:
- чугун – 378,0 тыс. тонн;
- цемент – 1 000,0 тыс. тонн;
- шлак (20,0 % оксида титана) в количестве 200,0 тыс. тонн.

Предлагается производство глинозема по модульной схеме (по 500 тыс. т глинозема в год), что обеспечивает эффективный запуск завода и возможность увеличения мощности.

Проводимые на опытной установке испытания необходимы для разработки Технологического регламента, по которому будет подготовлена Технико-экономическая оценка строительства глиноземного завода в Костанайской области и определена целесообразность внедрения Байергидрогранатовой технологии в производство.

Создание нового алюминиевого завода на основе разработанной технологии позволит увеличить объем производства глинозема для экспорта и внутреннего потребления – производства первичного алюминия, сплавов и проката в Казахстане.

7.4.2 Ресурсосбережении при гальванохимической обработке поверхностей

Гальваническое производство является крупным потребителем цветных металлов, химических реактивов и чистой воды. Безвозвратные потери тяжелых металлов со стоками

гальванического производства составляют значительные величины и ежегодно достигают нескольких десятков тонн. Наибольшая часть отходов гальванического производства содержится в шламах, образующихся при очистке сточных вод, состав и количество которых определяются составом и концентрацией используемых растворов, и величиной их удельного уноса.

Для уменьшения экологической опасности гальванического производства необходимо минимизировать унос растворов поверхностью обрабатываемых деталей в промывные воды.

Известно, что в последние годы число компонентов растворов возросло за счет введения в их состав специальных добавок, различных ПАВ.

Исследования влияния концентрации ПАВ на удельный унос растворов проводились в растворах (концентрации основных компонентов выражены в моль/л).

Проведенные исследования показали, что значительная доля раствора уносится поверхностью деталей не в виде капель, а в виде пленки: для обезжиривания – около 75%, для никелирования – около 80%, для меднения – более 60%. Во всех растворах с увеличением концентрации ПАВ удельный унос растет. При введении ПАВ в раствор пленка жидкости на поверхности детали утолщается, что, вероятно, связано с изменением физико-химических свойств растворов.

Были определены вязкость, поверхностное натяжение и плотность исследуемых растворов.

Из полученных данных, сделаны выводы, что уже при малых концентрациях ПАВ поверхностное натяжение растворов практически не меняется, а вязкость продолжает расти, что приводит к утолщению пленки жидкости на поверхности детали.

Таким образом, для снижения потерь (удельного уноса) ценных компонентов в промывные воды, необходимо использовать растворы с низкой концентрацией ПАВ.

7.4.3 Кислородно-конвертерный и электросталеплавильный процессы

Если говорить о современных сталеплавильных технологиях, ключевыми являются кислородно-конвертерный и электросталеплавильный процессы. Мартеновский способ выплавки стали в мировой металлургии используется все меньше. И это в большей степени связано снова же с «зеленой экологией». Как известно, мартеновская плавка длится 9 часов, а конвертерная и электросталеплавильная - 50 минут. Да, конвертер и электропечь требуют дополнительного оборудования, в то время как в мартене, по большому счету, можно сделать все в одном месте, но тем не менее – мартеновское производство более затратно с точки зрения энергоресурсов и экологии. Для него используется природный газ, в результате чего в атмосферу идут серьезные выбросы. Уже сегодня около 70% стали выплавляется в конвертерах, 29% выплавляется в электропечах и совсем немного - в мартеновских печах.

7.4.4 Водород против углерода

Уже не нужно никому доказывать необходимость перехода на «зеленое производство стали», которое призвано сделать процесс производства более экологичным. В этом ключе есть несколько направлений. Первое из них сейчас считается наиболее перспективным - это отказ от углерода в пользу водорода. Углеродный восстановитель различными способами заменяется водородом.

Основанное на водороде решение для прямого восстановления, которое позволяет напрямую использовать любые виды железной руды, может практически исключить углеродный след при производстве железа. Выбросы углекислого газа будут близки к нулю. Побочные продукты будут переработаны, а процессы будут выполнены с максимальной энергоэффективностью.

Активно развивать эту технологию уже начали такие металлургические гиганты, как ArcelorMittal, voestAlpine,

SSAB, Dillinger и ряд других производителей. Японский Nippon Steel заявлял о своих намерениях к 2025 отказаться от технологии использования углерода в пользу водорода. На данный момент промышленной установки такой нет, а когда она будет запущена, то какое-то время будет работать в малых масштабах. Тем не менее, эти разработки обнадеживают. Пилотные производственные агрегаты обещают ввести в эксплуатацию уже в 2021 году.

7.4.5 Прямое восстановление железа

Второе «зеленое» направление, которое уже давно применяется в металлургии - это бездоменное получение полупродукта для последующего изготовления стали путем прямого восстановления железа из высокожелезистого сырья специальными технологиями (Midrex, Arex, Hyl и т.д.). На выходе получается так называемое металлизированное сырье – горячебрикетированное железо (HBI), металлизированные окатыши DRI (Direct Reduced Iron), губчатое железо. Это металлургический продукт с высоким содержанием железа, вплоть до 99%, который может сразу же использоваться в сталеплавильном переделе для получения стали. На сегодняшний день такое железо прямого восстановления является основным при производстве электростали, как замещение лома и других железосодержащих ингредиентов. Эта технология развивается уже более 30 лет. В той или иной степени, ее эффективность доказана, но такая технология требует либо изначально высокочистого рудного материала – железорудного сырья с высоким содержанием железа и низким содержанием примесей, либо наличия больших энергетических мощностей.

Именно поэтому такие линии размещаются в Бразилии, Австралии в районе горнодобывающих предприятий, где имеется в наличии очень хорошая руда, а также на Ближнем Востоке, где в избытке - дешевый газ, который используется для восстановления железа из железосодержащего сырья.

Сегодня технология прямого восстановления уже достигла своего пика и является одной из самых передовых и широко используемых.

7.4.6 Совмещенные процессы выплавки и прокатки металла

Говоря о выплавке металла, стоит отметить, что все большее распространение получают совмещенные процессы выплавки и прокатки.

В одном цехе устанавливается плавильный агрегат – конвертер либо электропечь, происходит непрерывная разливка на МНЛЗ (машине непрерывного литья заготовок), из которой только застывшие горячие слябы, блюмы или заготовки поступают сразу же в прокатку. Эти агрегаты называются литейно-прокатными модулями или литейно-прокатными агрегатами.

Сегодня во всем мире большинство новых технологических линий стараются строить в том или ином модульном виде. Это позволяет экономить площади, сокращает логистические издержки и время выполнения заказа.

Особенностью такой технологии является наличие очень высокой культуры производства и высококвалифицированного персонала. В противном случае высок риск получения брака конечной продукции (здесь не получится «перехватить» брак на каком-то определенном этапе производства, а только лишь в финале). Все агрегаты должны работать слаженно, и персонал должен быть максимально компетентным, чтобы минимизировать риски получения брака в готовой продукции.

Сейчас уже есть такие модули, которые совмещают не только плавление, разливку и горячую прокатку, но еще и дополнительно к этому - холодную прокатку рулонов или длинномерного проката, вытяжку проволоки и пр. То есть на выходе из цеха получается не только горячекатаный прокат, но и продукция более высоких переделов.

Отдельным направлением совмещенного производства при изготовлении рулонов является так называемая валковая прокатка, при которой сталь из сталеплавильного агрегата разливается не на машине непрерывного литья, а через небольшой кристаллизатор на специальные водоохлаждаемые валки, и застывает непосредственно на них. Затем сталь смыкается в полосу и идет в горячую прокатку. Такие технологии больше развиты в цветной металлургии, особенно в алюминиевом производстве полосы и рулонов.

В черной металлургии самый популярный подобный агрегат находится в США, на заводе компании Nucor, и позволяет получать уникальные структуры, которые невозможно получить какими-либо альтернативными способами. Преимущественно такая продукция используется в автомобильной и аэрокосмической отрасли.



Урановая промышленность

8. Анализ НТД для урановой промышленности

Всего национальной компания "Казатомпром" вместе с дочерними, зависимыми и совместными предприятиями работает на 26 участках добычи по всему Казахстану. Они объединены в 15 горнорудных активов.

- ТОО «СП «Буденовское»»,
- ТОО «Добывающее предприятие «ОРТАЛЫК»»,
- АО «СП «Ақбастау»»,
- ТОО «Каратау»»,
- ТОО «Семизбай-У»»,
- ТОО «СП «Инкай»»,
- АО «СП «Заречное»»,
- ТОО «СП «ЮГХК»»,
- ТОО «Кызылкум»»,
- ТОО «СП «Хорасан-У»»,
- ТОО «АППАК»»,
- ТОО «Байкен-У»»,
- ТОО «РУ-6»»,
- ТОО «Kazatomprom-SaUran»»,
- ТОО «СП «КАТКО»»».

Самые большие залежи урановой руды сконцентрировались в шести регионах страны.

В Южно-Казахстанской области насчитывается сразу семь крупных месторождений – Инкай, Буденовское, Мынкудук, Моинкум, Канжуган, Жалпак, Заречное.

В Северо-Казахстанской области расположены месторождения Камышовое, Семизбай, Викторовское и Грачевское.

В Кызылординской области уран добывают на месторождениях Северный Харасан, Ирколь и Южный Карамурын.

В Алматинской области расположены Сулушокынское и Кольжатское месторождение, в Мангистауской области – Меловое, в Акмолинской области – Заозерное.



Разрабатываемые в настоящее время урановые месторождения Казахстана представляют собой толщи разнозернистых песков, пригодных для отработки методом скважинного выщелачивания. В качестве выщелачивающего вещества используют серную кислоту. Современный уранодобывающий рудник представляет собой горно-химическое предприятие, позволяющее сначала получить раствор с урановой продукцией в пласте, а затем этот раствор извлечь из пласта и подать в химико-технологическую линию.

8.1 Описание технологических процессов, используемых в урановой промышленности

При сооружении скважин для добычи руды методом выщелачивания важным моментом является создание породоразрушающего инструмента, позволяющего без производства спуско-подъема инструмента проходить основной ствол

скважины и расширить интервал, необходимый для посадки насосной части эксплуатационной скважины.

На буровых предприятиях АО «НАК «Казатомпром», в частности в АО «Волковгеология» внедрена технология сооружения одноколонных скважин обсыпкой фильтровой колонны гравием, опускаемым через колонну бурильных труб.

При глубине залегания продуктивного горизонта до 500-700 м. проходка основного ствола скважины осуществляется инструментом уменьшенного диаметра с последующим расширением интервалов размещения насоса (в откачных скважинах) и фильтрового участка (длиной 12-15 м) для получения гравийной обсыпки толщиной 50-80 мм. Эти новации позволили поднять производительность откачных скважин 4-5 раз.

Технология подземно-скважинным способом, до сих пор остаётся одним из самых рентабельных и экологически чистых способов добычи. В отличие, например, от добычи в шахте или карьере. Сама технология добычи сводится к следующему. Через систему закачных скважин специальный химический реагент подаётся в рудный горизонт под землёй. Там происходит выщелачивание, после которого раствор, обогащённый ураном, выкачивается на поверхность, где из него производят жёлтый кек и закись-окись урана. Сам раствор при этом замкнутую систему месторождения не покидает, постоянно циркулируя по трубам, то есть не происходит извлечение урана в виде руды. Благодаря этому на руднике нельзя увидеть ни привычных отвалов, ни сбросов отработанных жидкостей в водоёмы.

Территорию месторождений можно условно поделить на две части: это полигон, где расположены скважины, и производственный комплекс, где из полученного с полигона раствора извлекают уран в виде полуфабриката – жёлтого кека или следующего его передела – закиси-окиси урана. После выкачивания из-под земли раствор поступает непосредственно на производственный комплекс. Из него через цепочку сорбционного концентрирования, осаждения и фильтрации производят полуфабрикат – жёлтый кек. После производственной цепочки, кек опускают в печи для обжига при тем-

пературе 850 градусов по Цельсию. В результате и получается закись-окись. Это основной компонент в производстве топлива для ядерных реакторов. Готовый продукт отправляют на склад и после сертификации отгружают покупателям.

Технологическая схема добычи урана.

Технология добычи урана методом подземного скважинного выщелачивания (ПСВ) включает в себя следующие этапы:

- Подготовка продуктивных растворов подземного скважинного выщелачивания для их сорбционной переработки.
- Сорбция урана из продуктивных растворов.
- Десорбция урана с насыщенного сорбента и его регенерация.
- Получение пероксида урана.
- Прокалка пероксида урана с получением закись-окиси урана в виде готовой продукции.
- Приёмка и отпуск концентрированной серной кислоты.
- Складирование аммиачной селитры и узел приготовления растворов.
- Приёмка и отпуск перекиси водорода.
- Приёмки и отпуск раствора аммиака.
- Приготовление коагулянта.
- Получение пероксида урана.

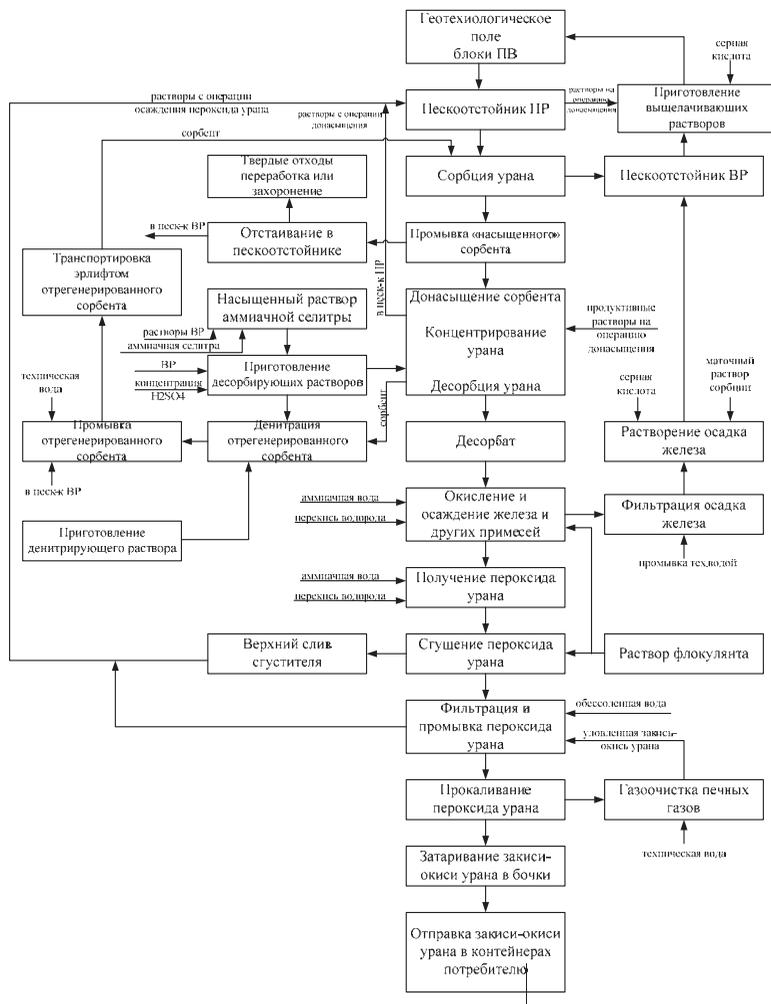


Рис. 8.1-1 Схема технологического процесса

Добыча урана осуществляется методом скважинного подземного выщелачивания (ПВ) с последующей переработкой полученных продуктивных растворов ПВ сорбционным концентрированием.

Через пробуренные скважины (глубина скважин на каждом месторождении своя) в уранорудные тела подается выщелачивающий реагент – слабый серноокислый раствор с концентрацией $H_2SO_4 - 5 \div 25$ г/л.

Выщелачивающие растворы приготавливаются на основе артезианских подземных вод продуктивного горизонта.оборот растворов происходит в замкнутом цикле и в балансе «откачка-закачка».

Подача выщелачивающих растворов (ВР) в недра производится нагнетанием в закачные скважины, а отбор продуктивных растворов (ПР) из откачных скважин погружными насосами.

В большей части месторождений товарной продукцией является химический концентрат природного урана так называемый, «желтый кек» (ЖКПУ), при необходимости дальнейшая переработка концентрата осуществляется в основном на Ульбинском металлургическом заводе.

Продуктивный раствор с геотехнологических полей по магистральным трубопроводам и поступают в емкости продуктивных растворов, где происходит предварительный отстой крупной фракции механических взвесей.

Сорбция урана

Через всасывающий коллектор насосами осветленные растворы ПР с концентрацией по урану около 70 - 80 мг/л и рН 1,8-2,0, подаются в нижнюю часть сорбционных колонн (в количестве 9 шт.) для избирательной сорбции урана. Расход ПР на каждую колонну регулируется и составляет в среднем 250-300 м³/час. При прохождении раствора через слой сорбента, происходит сорбция урана и фильтрация раствора от оставшихся механических взвесей.

По мере насыщения ураном нижнего слоя сорбента в колоннах, подача ПР раствора в них перекрывается и колонны поочередно становятся на перегрузку – выгрузку насыщенного сорбента и догрузку от регенерированного сорбента в объеме 3-5 м³. Выгрузка насыщенного сорбента осуществляется из нижней части сорбционных колонн эрлифтом в промывную колонну, а затем в колонны сорбции.

Маточники сорбции после фильтрации раствора в сорбционных колоннах выводятся через дренажные кассеты с содержанием урана не более 3 мг/л. И, так же как накопленный в промывной колонне насыщенный сорбент, пройдя через контрольные грохоты и пескоотстойник, попадает в специальную буферную ёмкость, а затем на участок получения товарного десорбата (ТД). ТД получают в колоннах СДК-1500.

Десорбция урана и получение товарного десорбата

Нитратная десорбция урана осуществляется в десорбционных колоннах СДК-1500 в количестве 3 штук в 3 стадии:

- донасыщение сорбента;
- десорбация урана;
- отбор товарного десорбата.

Загруженный насыщенный ураном сорбент поступает в зону донасыщения товарного десорбата за счёт регулировки потоками растворов, поступающих в колонну, и отбора товарного десорбата. Нитратно-сульфатная десорбция происходит при прохождении десорбирующих растворов с содержанием 100 – 110 г/л нитрата ионов и 20 – 25 г/л серной кислоты через насыщенный сорбент. После десорбации из нижней части колонны осуществляется отбор товарного десорбата, направляемого в сборные ёмкости. Десорбированный сорбент поступает на денитрацию.

Денитрация сорбента

Денитрация сорбента осуществляется в колоннах денитрации путём обработки сорбента денитрирующим раствором на основе серной кислоты и конверсии сорбента из нитратной в сульфатную форму.

Раствор после обработки сорбента имеет концентрацию по нитрат-иону 80-90 г/дм³ и 20-25 г/дм и служит исходным компонентом для приготовления десорбирующего раствора.

Отмывка сорбента

Денитрированный сорбент, подаваемый эрлифтами в колонны отмывки, проходит отмывку от механических взвесей технической водой после чего эрлифтами перекачивается в приёмные бункеры колонн сорбции. Промывной раствор по-

сле прохождения контрольного сита поступает в пескоотстойник.

Пероксидное осаждение урана

Пероксидное осаждение урана осуществляется в реакторе – осадителе в результате взаимодействия ТД в объёме 5 м³, растворов едкого натра и пероксида водорода. Нейтрализация избыточной кислотности ТД проводится раствором каустической соды до рН 3,1 – 3,3 при принудительном перемешивании. Осаждение пероксида урана производится 60 %-м раствором пероксида водорода в течение 4-х часов при рН 3,3 – 3,8, после чего осаждения пульпа сбрасывается в конус-сгуститель, а кислота нейтрализуется добавлением раствора каустической соды.

Фильтрация желтого кека

Фильтрация и отмывка пульпы проводится в рамных фильтр-прессах, работающих в автоматическом режиме с продолжительностью рабочего цикла 90 мин. Отмывка кека проводится обессоленной водой. Растворы после фильтрации, пройдя поочерёдно буферную ёмкость и каскад конусоотстойников направляются в шламоотстойник. Осадки подаются в приёмный бак пульпы. Кек после фильтрации поступает в загрузочные бункера прокалочных печей.

Сушка и прокалка жёлтого кека, затаривание ГП

Сушка и прокалка жёлтого кека выполняется в трубчатых электрических печах в количестве 2 штук, имеющих три зоны нагрева с автоматическим поддержанием температуры: в первой зоне 600⁰С, во второй зоне 750⁰С, в третьей зоне 800⁰С. Режим работы печей: 1 печь в работе в постоянном режиме, вторая в резерве. После прокалики жёлтого кека полученный концентрат урановой руды ссыпается в шнекоохладитель и охлаждается до температуры не выше 70⁰С, после чего готовая продукция (ГП) затаривается в контейнеры, опробуется, взвешивается и отправляется на склад ГП. Газы, образовавшиеся при прокалке, пройдя систему пылеулавли-

вания и газоочистки, выбрасываются в атмосферу с разрежением 5-10 мм.в.ст.

Пылеулавливание и газоочистка

Газочистка представляет собой трехступенчатую схему очистки:

- вытяжная система В1-общеобменная;
- вытяжная система В2-местный отсос с фильтром для очистки воздуха аэрозолей сухих неврызоопасных пылей;
- вытяжная система В3- местные отсосы из систем мокрой газоочистки колонн ШТКИ-600, «Вентури».

Фильтрация шламов и утилизация НРО

Фильтрация растворов и шламов, собранных в шламоотстойнике, проводится периодически по мере накопления. В период накопления шламов, осветленный раствор через перелив поступает в емкости ПР. Перед очисткой шламоотстойника осадок «взмучивается», затем насосом пульпа закачивается на фильтр для удаления мехвзвесей и илов. Осветленные растворы направляются в емкости ПР, а шламы – на площадку временного хранения низко радиоактивных отходов. Отходы хранятся на площадке НРО и, по мере накопления, подлежат захоронению в региональном пункте захоронения низко радиоактивных отходов (НРО).

Уборка розливов растворов

Технологической схемой предусмотрено наличие дренажных приемков с уборочными насосами для сбора случайных розливов растворов и смолы, которые откачиваются в трубопровод оборотных растворов через контрольное сито.

8.2 Наилучшие доступные технологии в урановой промышленности и рекомендации по их применению

Сырье и продукция в урановой промышленности является радиоактивным для них в санитарных зонах устанавлива-

ются предельно-допустимые концентрации, поэтому необходимо разрабатывать наиболее эффективные технологии для достижения высокого уровня охраны окружающей среды в целом.

Также рассматривается более широкое применение наилучших доступных технологий с точки зрения рационального использования водных ресурсов, экологически эффективного использования природных ресурсов (снижение уровня использования) и энергоэффективности.

На сегодняшний день самые наилучшие доступные технологии в урановой промышленности на территории Казахстана представлены в Табл. 8.2-1.

Табл. 8.2-1 Перечень наилучших доступных технологий

№ п/п	Наименование технологии
1.	Увеличение эффективности работы печей сушки желтого кека
2.	Оптимизация режима работы градирни (в зависимости от температуры обратной воды)
3.	Поддержание откачных насосов в высоком работоспособном состоянии
4.	Установка ЧРП на скважинные, погружные насосы
5.	Установка фильтров высшей гармоник на низкой стороне трансформаторных подстанций
6.	Оптимизация работы трансформаторов
7.	Эффективное использование сжатого воздуха
8.	Установка рекуператоров тепловой энергии на компрессорные
9.	Внедрение оборотного водоснабжения

8.2.1 Увеличение эффективности работы печей сушки желтого кека

На предприятиях урановой промышленности в технологическом процессе используются вращающиеся горизонтальные термические печи (ВГТП). ВГТП предназначена для прокаливания (удаления избыточной влаги) разнообразного

порошкового продукта в производствах порошковой металлургии. Представляет собой стационарную конструкцию, состоящую из узла загрузки, узла выгрузки печи, вращающейся реторты на роликовых опорах, стального корпуса с футеровкой шамотными материалами и установленными нагревателями. Загрузка продукта осуществляется шнеком. Печь укомплектована ручным приводом для вращения реторты на случай аварийного отключения электроэнергии.

Температура поверхности печи по технике безопасности не должна превышать 55°C, но в процессе эксплуатации футеровочный материал теряет свои свойства. В целях безопасности, а также снижение потребления электроэнергии и эффективной работы печей необходимо сократить потери тепловой энергии в окружающую среду через внешние стенки для этого рекомендуется проводить своевременно капитальный ремонт футеровки печей ВГТП.

Осуществить возможно поэтапно выполнив работы:

1 этап – инструментальная диагностика состояния футеровки, составление дефектной ведомости, определение объемов, подлежащих капитальному ремонту.

2 этап – капитальный ремонт футеровки печей.

Коэффициент теплоотдачи конвекцией и излучением в окружающую среду при свободном движении воздуха для поверхности печи можно определять в соответствии с «Экономии топлива в котельных установках» Е.Г. Волковиский.

Также нужно отметить, что избыточное тепловыделение от печей влияет на время и интенсивность работы приточно-вытяжной вентиляции, что сказывается на расходе электроэнергии.

Технические аспекты: Данное мероприятие способствует повышению эффективности печи.

Экономические аспекты: Экономия достигается за счет снижения потребления электроэнергии и эффективной работы печи. Оценочный срок окупаемости составляет 7 лет.

8.2.2 Оптимизация режима работы градирни (в зависимости от температуры обратной воды)

При технологическом процессе, выгружаемая закись-окись урана через промежуточные бункеры направляется в шнеки-охладители. Шнеки снабжены водяной рубашкой для охлаждения выгружаемого продукта. Температура выгружаемого продукта не должна превышать 40°C. Для его охлаждения до температуры меньшей 40°C в шнеках-охладителях и печных газах в теплообменниках используется обратная вода. В летнее и зимнее время обратная вода поступает для охлаждения в компактные вентиляторные градирни серии ГРАД, установленные вне здания на улице.

Необходимо произвести замеры температуры воды на входе и выходе из градирни. Если разница между прямой и обратной водой составляет не значительный перепад, то очевидно, что печь при проведении замеров не работала на максимальную нагрузку и была недозагружена. Возникает вопрос о целесообразности использования градирни для охлаждения выгружаемого продукта круглый год не зависимо от загрузки печи и от погодных условий (в зимний период подогретая вода после печи может охлаждаться за счёт холодного наружного воздуха).

В целях экономии электрической энергии необходимо оптимизировать режим работы градирни (в зависимости от температуры обратной воды после печи). Предлагается установить терморпару на трубопровод после градирни и установить пусковую систему в шкаф управления, которая будет отключать и выключать градирню. Температуру включения градирни рекомендуется принять 40 °С.

Технические аспекты: Данное мероприятие способствует повышению эффективности работы градирни.

Экономические аспекты: Экономия достигается за счет снижения потребления электроэнергии. Оценочный срок окупаемости составляет 3 года.

8.2.3 Поддержание откачных насосов в высоком работоспособном состоянии

Горный отвод на добычу урана методом подземного выщелачивания предусматривает использование большого количества глубинных насосов, перекачивающих продуктивные растворы на переработку на производственные площадки. Геотехнологическое поле разделено на блоки. В каждом блоке имеются множество закачивающих и меньшее количество откачивающих скважин.

Нормативный расход, объем откачанного из скважины продукта одним насосом, составляет 8 м³/час при номинальной работе насоса, при достаточном дебете, при отсутствии заиливания скважины, при отсутствии изношенности крыльчатки насоса и других мешающих факторов. Поэтому необходимы реальные данные о характеристиках добычи и параметрах работы самих глубинных насосов.

Функцию сбора информации и управления насосом осуществляет микропроцессор МР204 с сопутствующим электрическим оборудованием, расположенным в шкафу вблизи скважины. Функцию определения расхода жидкости как закачивающих, так и откачивающих скважин выполняют приборы VA2304В Asvega. Ежедневно снимаются данные с этих приборов учета, по указанию диспетчера блока (блоков) дежурный электрик обходит указанные ему устройства, снимает переносным прибором R100 параметры насоса, для последующего анализа ситуации и принятия решения. Неудобства данного способа получения информации очевидны.

Предлагается организовать автоматизированную систему сбора этой информации, а также информации по расходам жидкости по скважинам. Для этого дополнить электрооборудование управляющего шкафа еще одним небольшим блоком автоматической передачи, указанной выше информации, в диспетчерский центр.

Устройство комплексной защиты МР204 - это идеальное решение для защиты электродвигателей, питающих кабелей и кабельных муфт.

Контролируемые параметры и встроенные защиты:

- Перегрузка / недогрузка (сухой ход)
- Перенапряжение / низкое напряжение
- Перегрев (по датчикам Tempson, Pt100/Pt1000, РТС или термореле)
- Чередование, пропадание фаз
- Дисбаланс тока
- Коэффициент мощности
- Энергопотребление
- Гармонические искажения
- Сопротивление изоляции при старте
- Часы работы и контроль количества пусков.

MP204 используется для защиты любых однофазных или трехфазных насосов со стандартными или погружными электродвигателями с номинальным током от 3А.

Устройство имеет выход интерфейса RS-485 GENIbus, с возможностью передачи измеренных значений в системы диспетчеризации по промышленным протоколам связи. GENIbus (Grundfos Electronics Network Intercommunications bus) — промышленная сеть, разработанная Grundfos для управления собственными насосами, моторами и другим подобным оборудованием. Сеть предназначается для управления оборудованием, мониторинга, конфигурации и тестирования.

Физический уровень сети базируется на стандарте RS-485 со скоростью передачи 9600 бод/с. Применение стандарта RS-485 обеспечивает возможность подключения типа шина, а низкая скорость передачи данных обеспечивает возможность передачи информации на большие расстояния. Сеть GENIbus использует топологию типа шина, работающую по принципу ведущий-ведомый и поддерживающую подключение до 32 устройств. Ведущее устройство может передавать сообщения на шину по собственной инициативе. Ведомые устройства только прослушивают шину или отвечают по запросу ведущего устройства.

Схема работы следующая: на каждой из 300 скважин в шкафу управления устанавливается PLC-модем МУР 1001.9

PLC, который представляет собой функционально и конструктивно законченное устройство для приема/передачи данных по сети 0,4кВ. Через это устройство принимается/передается информация контроллера МР204 о состоянии и параметрах глубинного насоса.

В контейнерах УППР, где располагаются приборы учета жидкости VA2304B Asvega, монтируются регистраторы МУР 1001.2RC8 в которых собирается информация с приборов учета Asvega, подключенных кабелем RS-485 к нему. Отсюда данные через PLC-модем МУР 1001.9 PLC передаются по сети 0,4 кВ на ТП (местный центр сбора информации). В трансформаторной подстанции также монтируется регистратор МУР 1001.2RC8 к которому присоединяется информация с приборов учета электрической энергии (1 или 2 типа Меркурий 230) о расходе электроэнергии. На каждой ТП смонтирован радиотерминал МУР 1001.9 RMA TLT, вся информация по радиоканалу частотой 868 МГц передается на УСПД (устройство сбора и передачи данных) диспетчерского пункта единым пакетом данных, где обрабатывается программно-техническим комплексом "АРГО: Энергоресурс".

Логика работы системы состоит в следующем: поступающие данные о состоянии каждого глубинного насоса, о количестве откачиваемого раствора по определенной (разработанной) программе на сервере диспетчера сравниваются с эталонными значениями тех или иных параметров. В нашем случае это максимально возможный расход продуктовых растворов – 8 м³/час, откачиваемых из скважины в центральный коллектор.

Своевременное определение снижения добычи ПР из скважины, своевременное производство ремонтно-восстановительных работ и восстановления уровня добычи определит экономический эффект данного мероприятия, то есть, чем больше дебет скважины, тем больше будет добыто сырья.

Кроме всего выше сказанного, полноценная загрузка электродвигателей глубинных насосов позволит поднять показатель КПД оборудования.

В случае интенсивного использования насосного оборудования кроме полного извлечения продукта, экономится и электроэнергия.

Рассмотрим характеристику насоса SP8A (37 ступеней) фирмы Grundfos, которыми оснащено ГТП предприятия.

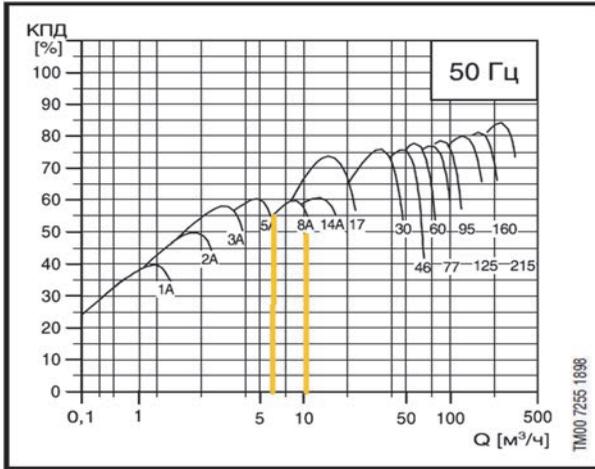


Рис. 8.2.3-1 Характеристика насоса SP8A (37 ступеней) фирмы Grundfos

Нормативное значение КПД насоса не превосходит 60% при рабочем объеме перекачиваемой жидкости 5,5 – 9 м³. Более точная картина представлена на Рис. 2-20.

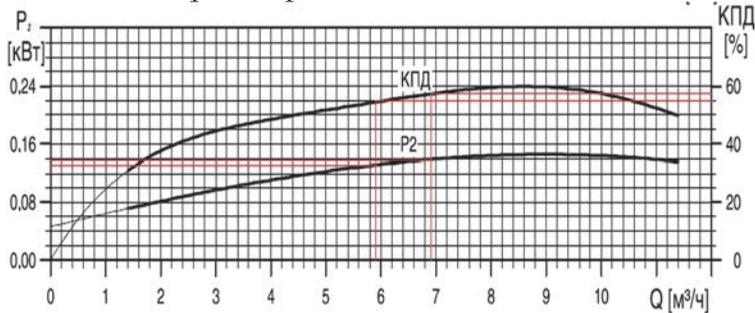


Рис. 8.2.3-2 Нормативное значение КПД насоса

Из рисунка видно, что при расходе $Q_1 = 5,9 \text{ м}^3/\text{ч}$. КПД насоса, η - в расчетной точке характеристики составляет 55 %, а при расходе $Q_2 = 6,9 \text{ м}^3/\text{ч}$. – 57 %. Мощность P_j , расходуемая на одной ступени многоступенчатого глубинного насоса равна соответственно $P_1 - 0,13$ и $P_2 - 0,14$ кВт.

Технические аспекты: Данное мероприятие способствует при полноценной нагрузке электродвигателей глубинных насосов поднять показатель КПД оборудования.

Экономические аспекты: Экономия достигается за счет снижения потребления электроэнергии. Оценочный срок окупаемости составляет 4 года.

8.2.4 Установка ЧРП на скважинные, погружные насосы

Предлагается установка частотно-регулируемого привода на двигатели скважинных насосов, поднимающих продуктивный раствор по средствам установки частотных преобразователей.

Суть мероприятия заключается в установке частотно-регулируемого привода на скважинные насосы, с целью снижения потребления электроэнергии.

Предлагается установка частотных преобразователей типа GD100-7R5G.



Рис. 8.2.4-1 Внешний вид частотного преобразователя

Скважинные насосы имеют производительность, за частую превышающую дебет продуктивного раствора самой скважины, в связи с этим происходит осушение скважинной полости с последующим останом насосного оборудования по «холостому ходу», после чего насосное оборудование простаивает некоторое время, необходимое для заполнения полости скважины (это время выставляется индивидуально для каждой скважины) и вновь запускаются в работу.

Так же насосы располагаются на различной глубине, при этом почти все насосы однотипные и имеют строгий располагаемый напор, на который насос тратит свою энергию. Напор прямо пропорционален потребляемой мощности, соответственно, при установке насосного оборудования с напором, который превышает требуемый – при одинаковой производительности будет потребляться большее количество электроэнергии.

Так же можно учесть, что в скважинах, при накоплении воды создаётся гидростатическое давление на «всасе» насосного агрегата, это позволяет снизить потребление электроэнергии на создание требуемого напора, необходимого для преодоления высоты водного столба, равной глубине скважины с учётом гидравлических потерь на трение о стенку трубопровода и т.д.

Частотно-регулируемый привод позволит снизить располагаемый напор насоса до требуемой по средствам изменения частоты вращения вала двигателя, что позволит значительно снизить расход электроэнергии.

Ниже представлены характеристики часто встречающихся на предприятиях скважинных насосов.

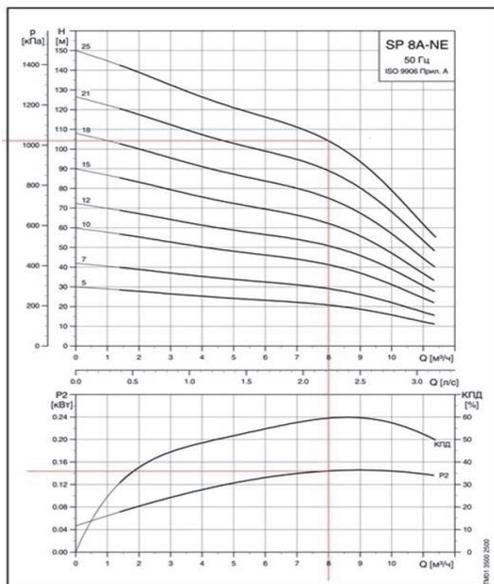


Рис. 8.2.4-2 Характеристики насосов SPB 4-8-25

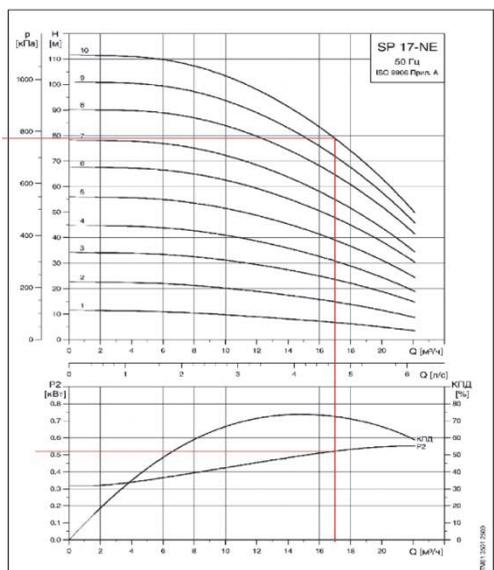


Рис. 8.2.4-3 Характеристики насосов SPM-17A-10N

Технические аспекты: Данное мероприятие способствует при полноценной загрузке электродвигателей глубинных насосов поднять показатель КПД оборудования.

Экономические аспекты: Экономия достигается за счет снижения потребления электроэнергии. Оценочный срок окупаемости составляет 4 года.

8.2.5 Установка фильтров высшей гармоники на низкой стороне трансформаторных подстанций

Высшие гармоники напряжения и тока оказывают влияние на элементы систем электроснабжения и линии связи.

Основными формами воздействия высших гармоник на системы электроснабжения являются:

- увеличение токов и напряжений высших гармоник вследствие параллельного и последовательного резонансов;
- снижение эффективности процессов генерации, передачи, использования электроэнергии;
- старение изоляции электрооборудования и сокращение вследствие этого срока его службы;
- ложная работа оборудования.

Влияния высших гармоник на трансформаторы

Гармоники напряжения вызывают в трансформаторах увеличение потерь на гистерезис и потерь, связанных с вихревыми токами, в стали, а также потерь в обмотках. Сокращается также срок службы изоляции. Увеличение потерь в обмотках наиболее важно в преобразовательном трансформаторе, так как наличие фильтра, присоединяемого обычно к стороне переменного тока, не снижает гармоники тока в трансформаторе. Поэтому требуется устанавливать большую мощность трансформатора. Наблюдаются также локальные перегревы бака трансформатора. Отрицательный аспект воздействия гармоник на мощные трансформаторы состоит в циркуляции утроенного тока нулевой последовательности в

обмотках, соединенных в треугольник. Это может привести к их перегрузке.

Влияние гармоник на измерение мощности и энергии.

Измерительные устройства обычно калибруются при чисто синусоидальном напряжении и увеличивают погрешность при наличии высших гармоник. Величина и направление гармоник являются важными факторами, так как знак погрешности определяется направлением гармоник. Обычные индукционные счетчики, как правило, завышают показания на несколько процентов (по 6 %) при наличии у потребителя источника искажения. Влияние гармоник на точность измерения максимума нагрузки предположительно такое же, как и на точность измерения энергии. Точное измерение энергии независимо от формы кривых тока и напряжения обеспечивается электронными счетчиками, имеющими более высокую стоимость. Гармоники оказывают воздействие и на точность измерения реактивной мощности, которая четко определена лишь для случая синусоидальных токов и напряжения, и на точность измерения коэффициента мощности.

А также по результатам проектных исследований было выявлено потери в электрических сетях в пределах 8-17 % (Петренко).

С учетом данных сведений при выявленных отклонениях необходима установка фильтров напряжений на низкой стороне трансформаторов.

Технические аспекты: Данное мероприятие способствует повышению качества и надежности электросети, снижению потерь.

Экономические аспекты: Экономия достигается за счет снижения потребления электроэнергии. Оценочный срок окупаемости составляет 5 лет.

8.2.6 Оптимизация работы трансформаторов

Снижение потерь электроэнергии при передаче и распределении является актуальной задачей энергоснабжающих

организаций и одним из основных направлений энергосбережения.

Согласно инструкции по проектированию электроснабжения промышленных предприятий СН 174-75, пункта 7.20. Для трансформаторов цеховых подстанций следует, как правило, принимать следующие коэффициенты загрузки: для цехов с преобладающей нагрузкой I категории при двухтрансформаторных подстанциях 0,65-0,7; для цехов с преобладающей нагрузкой II категории при однострансформаторных подстанциях с взаимным резервированием трансформаторов - 0,7 - 0,8; для цехов с преобладающей нагрузкой II категории при возможности использования централизованного резерва трансформаторов и для цехов с нагрузками III категории - 0,9-0,95.

Недостаточная загрузка трансформаторов приводит к снижению КПД за счет увеличения доли потерь холостого хода. Перегрузка трансформатора приводит к увеличению нагрузочных потерь за счет увеличения сопротивления токоведущих частей (из-за роста температуры), а также к ускоренному старению изоляции.

Необходимо обращать внимание на загрузку трансформатор и в случае необходимости рассмотреть мероприятие по замене трансформаторов на трансформаторы, режим работы которых, будет соответствовать значениям оптимальных нагрузок.

Технические аспекты: Повышение КПД трансформатора за счет снижения доли потерь холостого хода.

Экономические аспекты: Экономия достигается за счет снижения потребления электроэнергии. Оценочный срок окупаемости составляет 10 лет.

8.2.7 Эффективное использование сжатого воздуха

Для снабжения промплощадки сжатым воздухом предусмотрена компрессорная станция. Компрессорные станции обычно располагаются неподалёку от здания с основными потребителями или непосредственно в здании, в редких слу-

чаях компрессорная станция располагается на значительном расстоянии от потребителей. Количество и мощность используемых установок зависит от потребности предприятия, в среднем количество установок варьируется от 2 до 4 штук. При необходимости в компрессорной или рядом устанавливают воздухосорбник (ресивер), который предназначен для накопления сжатого воздуха и уменьшения колебаний давления в сети воздуходо снабжения, а также для технологических нужд и для приборов и исполнительных механизмов КИПиА.

На предприятии сжатый воздух применяется:

- при транспортировке сорбента (сдвоенный диафрагменный насос);
- в приборах и исполнительных механизмах КИПиА (осушенный сжатый воздух);
- в приводах пневмоцилиндров СДК;
- для продувки технологических трубопроводов при ремонтных работах и аварийных ситуациях (длительное отключение электроэнергии в зимних условиях и низкая температура растворов).

Мониторинг потребления сжатого воздуха на предприятиях имеет слабую организацию, мероприятие по установке автоматизированной системы контроля и учета сжатого воздуха следует отнести к первоочередным техническим мероприятиям. Учёт потребления сжатого воздуха необходимо устанавливать на всех вводах потребителей с выводом показаний всех счётчиков в режиме реального времени в отдел главного энергетика.

Экономический эффект от данного мероприятия связан с тем, что появляется технический учёт и возможность отслеживать потребление сжатого воздуха на конкретных участках, а значит снижать нерациональное потребление ресурсов.

Внедрение системы технического учета сжатого воздуха позволит:

- Принимать оперативные решения при возникновении утечек.
- Анализировать расход сжатого воздуха в зависимости от режимов работы предприятия.

- Определить эффективность потребления сжатого воздуха оборудованием.
- Дисциплинирует потребителя.

По статистическим данным компании March Consulting Group, занимающейся мониторингом и сбором информации, потенциал экономии от внедрения системы учета может составлять следующие значения, представленные в таблице ниже.

Табл. 8.2.7-1 Потенциал экономии от внедрения системы учёта по статистическим данным компании March Consulting Group

№ п/п	Вид энергоресурса	Значение экономии*	Значение экономии, тыс.м ³
1	Сжатый воздух	10 %	1 659,9
* Оценка потенциала экономии энергоресурсов при внедрении автоматизированной системы учета энергоресурсов дана на основании статистических данных компании March Consulting Group			

Технические аспекты: Повышение КПД компрессора за счет снижения не производственных потерь.

Экономические аспекты: Экономия достигается за счет снижения потребления электроэнергии. Оценочный срок окупаемости составляет 5 лет.

8.2.8 Установка рекуператоров тепловой энергии на компрессорные

Все компрессоры, находящиеся в эксплуатации, имеют воздушное охлаждение, теплота отводится в окружающую среду без её утилизации.

Для утилизации теплоты компания Atlas Copco производит утилизаторы тепловой энергии Air Optimization, указанный на Рис.

Блок рекуперации энергии этого утилизатора позволяет извлекать из сжатого воздуха энергию, количество которой соответствует количеству энергии потребляемой электродвигателем.

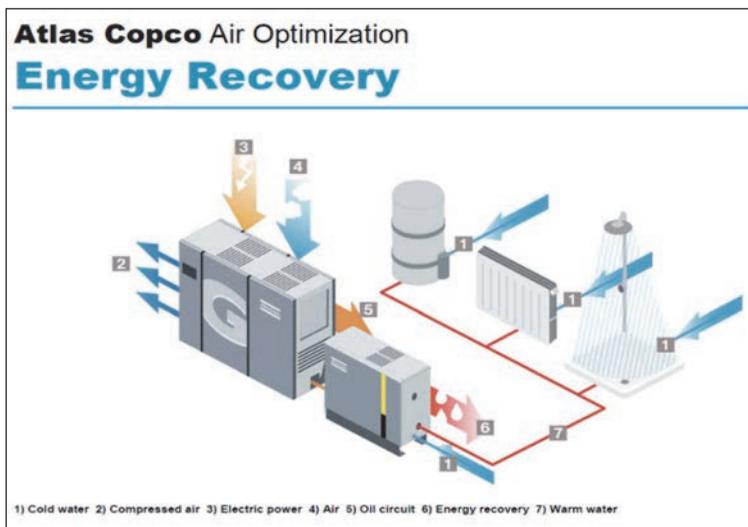


Рис. 8.2.8-1 Схема утилизации теплоты

Восстановление выделяемой при сжатии воздуха теплоты и повторное её использование в производственном процессе обеспечивают дополнительное повышение общей эффективности системы сжатого воздуха и снижение общего энергопотребления оборудования. В процессе производства сжатого воздуха происходят потери части энергии в результате ее рассеивания в атмосферу. Рекуперированную энергию целесообразно использовать для обогрева помещений или получения горячей воды.

Предлагается догревать обратку от тепловой сети собственных котельных энергией рекуператоров, что приведёт к снижению потребления котельно-печного топлива. Температура теплоносителя, от рекуператоров ТЭ может достигать 60°C и может быть успешно применена для отопления части здания и отдельно-стоящих зданий целиком.

Технические аспекты: Дополнительное повышение общей эффективности системы сжатого воздуха. Повышение КПД компрессора за счет снижения не производственных потерь.

Экономические аспекты: Экономия достигается за счет рекуперации теплого воздуха для отопления и снижение по-

требления топлива на нужды теплоснабжения. Оценочный срок окупаемости составляет 2 года.

8.2.9 Внедрение оборотного водоснабжения

Оборотное водоснабжение позволяет решить важнейшие экологические и экономические задачи: значительно (на 85-95%) сократить водопотребление промышленного предприятия, снизить потери ценных компонентов со сточными водами, избежать платы за водоотведение и превышение предельно допустимых концентраций - ПДК сточных вод. Системы оборотного водоснабжения - замкнутые системы, позволяющие повторно использовать промышленные сточные воды, прошедшие процесс очистки на очистных сооружениях замкнутого цикла. Система оборотного водоснабжения предприятия полностью исключает сброс промышленных сточных вод в водные объекты или системы канализации.

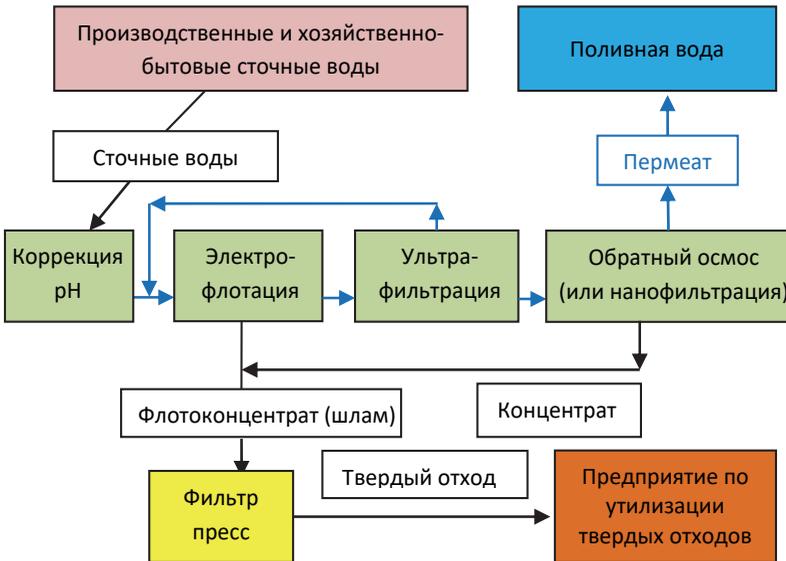


Рис. 8.2.9-1 Предлагаемая оборотная система водоснабжения

Технические аспекты: Повторное использование промышленных стоков.

Экономические аспекты: Экономия достигается за счет снижения потребления воды и понижение объемов ПДК. Оценочный срок окупаемости составляет 2 года.

8.3 Экономические аспекты реализации наилучших доступных технологий в урановой промышленности

Одним из важнейших направлений сокращения текущих затрат на предприятиях урановой промышленности является модернизация основных средств с одновременным внедрением энергосберегающих мероприятий, обеспечивающие также сокращение негативного воздействия на окружающую среду и снижение соответствующих платежей в бюджет. В большей части такие проекты связаны с установкой дополнительного энергосберегающего оборудования и/или заменой старого оборудования на новое менее энергоемкое. Чтобы достичь максимальной эффективности при внедрении передовых технологий и энергосберегающих мероприятий необходимо произвести сравнительный анализ нескольких вариантов альтернативных технических решений, оценить их экономическую целесообразность.

Обоснование технической целесообразности представляет собой описание технического решения, которое направлено на снижение потребления топливно-энергетического ресурса (ТЭР) в определенном процессе или цикле производства, снижение удельного показателя на производство единицы продукта. Также необходимо обратить внимание учтены ли природно-климатические условия размещения предприятия при разработке проекта.

Обоснование экономической целесообразности представляет собой многовариантные расчеты соотношения экономики и затрат, а также план финансирования, который предполагается при реализации проекта.

Методологией технико-экономической оценки является проведение оценочного анализа эффективности инвестиций, базирующихся на национальной и международной практике. Основные рассматриваемые статьи затрат являются капитальные и эксплуатационные вложения.

В состав капитальных вложений входят затраты на изыскательные, проектные и строительно-монтажные работы, на приобретение оборудования. Немаловажный аспект, чтобы капитальные вложения использовались с наибольшим эффектом.

В состав эксплуатационных затрат входят финансовое вложение на эксплуатацию и техническое обслуживание оборудования, сооружения, процесса.

Целесообразность внедрения энергосберегающих мероприятий и модернизации производства, в снижении энергоёмкости производства при сохранении или даже наращивании объемов производства продукции. К дополнительным положительным факторам можно отнести снижение затрат и оптимизация технологического процесса, что может повлиять на доходную часть от повышения объема и качества продукции.

Нужно не забывать про ряд иных факторов, влияющих на оценку целесообразности внедрения мероприятий, это конъюнктура рынка, спрос на конечную продукцию, ценовая динамика, стадия жизненного цикла предприятия, остаточный объем запасов полезных ископаемых, время до прекращения добычных работ, экономическая ситуация в стране и на рынках экспорта продукции.

На достоверность оценки влияют и данные по степени изменчивости показателей валютных и финансовых рынков, показатель инфляции, эффективная ставка годовых и уровень ставки рефинансирования.

При проведении инвестиционной оценке эффективности проекта используют прием дисконтирование. Дисконтирование — это определение стоимости денежного потока путём приведения стоимости всех выплат к определённому моменту времени.

К основным показателям экономического эффекта от внедрения проекта относятся показатель чистой приведенной стоимости (NPV), внутренней нормы рентабельности (IRR) и дисконтированного срока окупаемости финансовых вложений.

8.4 Перспективные технологии в урановой промышленности

В Казахстане энергосбережение и повышение энергоэффективности всех отраслей хозяйства является в настоящее время приоритетной задачей, с решением которой будет решен комплекс проблем – энергетических, экологических, экономических и социальных.

Проблема энергосбережения для промышленных предприятий имеет ряд отличительных особенностей, заключающихся в основном в практически полном отсутствии реального механизма заинтересованности во внедрении новых технологий и приборов, способствующих снижению затрат на энергоносители. Основными причинами, вызывающими высокую энергоемкость в промышленности и сдерживающими проведение энергосберегающей политики, являются:

- значительный физический и моральный износ энергетического оборудования
- высокие потери при передаче и потреблении тепловой и электрической энергии и воды, высокий расход первичных энергоресурсов;
- ограниченность бюджетных и иных финансовых средств для внедрения энергосберегающих технологий, повсеместной установки приборов учета энергоресурсов.

Справедливости ради следует отметить, что одной из важных причин низкого энергосбережения в отрасли является отсутствие необходимых мотиваций к энергосбережению и повышению энергоэффективности, недостаточные информированность и уверенность в необходимости и «без-

опасности» применения мер и механизмов энергосбережения у всех ее участников.

Высокие расходы энергии в промышленности определяются тем, что значительная часть объектов изношена, требует капитального ремонта и имеет низкий уровень благоустройства. Сегодня существует множество путей и методов снижения энергопотребления на производстве с применением современных передовых мировых технологий.

8.4.1 Подземное выщелачивание урана и его преимущества

Привычный способ добычи урана заключается в извлечении руды из недр, её дроблении и обработке для получения искоемых металлов. В технологии СПВ, которая также известна как добыча растворением, порода остаётся на месте залегания, по площади месторождения прокалываются скважины, через которые потом прокачиваются жидкости для выщелачивания металла из руды. В общемировой практике в процессе СПВ используются растворы на основе кислот и щелочей, однако в России, так же, как в Австралии, Канаде и Казахстане, последние не применяют, отдавая предпочтение серной кислоте H_2SO_4 .

По сравнению с шахтным методом добычи разработка урановых месторождений методом скважинного подземного выщелачивания оказывает меньшее отрицательное влияние на поверхность земли: отсутствуют оседания и нарушения почвы, отвалы забалансовых руд и пустых пород.

В связи с быстрорастущим потреблением пресных вод современными промышленными предприятиями, а также из-за недостатка этих вод во многих районах внедрение технологических схем, практически не требующих потребления пресных вод, является мероприятием большого социального значения. Большой экономический эффект дает значительное снижение потребления электроэнергии. Как показала многолетняя практика, на предприятиях подземного выщелачивания расход электроэнергии, а единицу конечной про-

дукции в 2,5—3 раза ниже, чем при традиционных способах добычи.

В целях предотвращения ущерба от возможных разливов технологических растворов перед началом обработки запасов на участке производится снятие поверхностного плодородного слоя почвы по всей длине ряда эксплуатационных скважин на ширину 4-5 м и глубину 40-50 см. По завершении всех работ плодородный слой возвращают обратно, скважины ликвидируют, а загрязнённые участки восстанавливают. Эти меры позволяют передать земли в сельскохозяйственное пользование.

Благоприятное влияние на окружающую среду оказывает и отсутствие так называемых хвостов (радиоактивных отвалных отходов) и, как следствие, полигонов для их захоронений. Кроме того, на всех этапах добычи, включая вскрытие и подготовку рудных тел, исключается пылеобразование. В итоге при СПВ в десятки раз снижается выделение токсичных веществ в атмосферу.

Скважинный метод вскрытия и отработки месторождения ещё и более экономичный с точки зрения стоимости эксплуатации, так как из процесса исключаются операции рудоприёмки и рудоподготовки.

Все указанные преимущества делают метод СПВ самым прогрессивным, экологически безопасным и доступным на сегодняшний день.

Передовые представители атомной отрасли уже используют его на своих площадках. Так, ярким примером компании, ведущей добычу урана способом скважинного подземного выщелачивания, является предприятие «Хиагда», расположенное в Баунтовском районе Республики Бурятия.

8.4.2 Насосы для подземного выщелачивания

Основную роль в процессе скважинного подземного выщелачивания играют насосы. Они используются уже на самой первой стадии - откачивания грунтовых вод, в которые потом добавляются кислый реагент и окисляющий ком-

понент на основе перекиси водорода или кислорода. После, при помощи скважинного оборудования раствор закачивается в геотехническое поле. Обогащённая ураном жидкость поступает в добывающие скважины, откуда вновь при помощи насосов отправляется на перерабатывающую установку, где в процессе сорбции уран оседает на ионообменной смоле. Затем металл отделяется химическим способом, суспензия обезвоживается и осушается до получения конечного продукта. Технологический раствор вновь насыщается кислородом (при необходимости - серной кислотой) и возвращается в цикл. Очевидно, что насосы - один из ключевых элементов технологии СПВ: они задействованы на всех стадиях добычи. Именно поэтому на первое место при подборе оборудования выходят его энергоэффективность, качество и долговечность - перерывы в работе недопустимы, так же, как и слишком малое количество часов наработки.

Ещё один важный критерий - надёжность систем уплотнений. Исходя из указанных требований, для перекачивания продуктивных растворов из сборников в главный производственный корпус на АО «Хиагда» были выбраны скважинные насосы GRUNDFOS серии SPM. Они разработаны специально для работы с растворами в процессах выщелачивания: насосы изготовлены из высококачественной нержавеющей стали 1.4539 по стандартам DIN, что делает их невосприимчивыми к воздействию кислот, содержащихся в перекачиваемой среде.

Ещё большую надёжность моделей линейки SPM обеспечивает соединение электродвигателя с насосной частью шпильками с высокопрочными титановыми гайками. Также для повышения устойчивости насосов к кислоте держатель внутреннего кольца торцевого уплотнения впрессован в кольцо из нержавеющей стали. Наряду с высокой надёжностью, оборудование способствует повышению рентабельности производства - ведь насосы GRUNDFOS оснащены современными энергоэффективными двигателями с высоким КПД.

Как показывает опыт использования оборудования SPM на добывающих предприятиях, насосы GRUNDFOS отличаются от аналогов высоким сроком наработки - 6000-8000 часов против стандартных 700-800 часов.

8.4.3 Зарубежный опыт использования технологии подземного выщелачивания

На долю скважинного подземного выщелачивания приходится около 20 % всего мирового уранового промысла. Лидерство пока что удерживают подземные рудники (40 %) и открытые карьеры (30 %). Однако много говорит тот факт, что методу СПВ отдают предпочтение такие развитые уранодобывающие страны, как США и Узбекистан.

Наряду со скважинным оборудованием, широко применяются и другие энергоэффективные модели насосов GRUNDFOS. В частности, в процессах приёма и перекачки серной кислоты установлены вертикальные многоступенчатые центробежные насосы серии CRN с магнитными муфтами MAGdrive. Последние заменяют стандартные торцевые уплотнения, которые восприимчивы к агрессивным жидкостям.

Магнитные муфты повышают надёжность оборудования, позволяя без проблем работать с раствором H_2SO_4 , а также являются гарантом отсутствия утечек химических растворов.

Актуальное направление работы - использование подземного блочного выщелачивания. Этот метод - изобретение россиян. Для его применения «водопроницаемость руды» создается искусственно: в шахте сооружается камера, в которую закладывается руда, предварительно раздробленная на крупные куски. Над ней оборудуют другую камеру — для орошения руды растворами серной кислоты. Внизу растворы, которые прошли через раздробленную массу, собирают и отправляют для извлечения урана на перерабатывающую установку. За счет этого около 80 % горнорудной массы остается под землей. Единственное условие — должны быть большие объемы переработки, тогда себестоимость будет

низкой. Например, методом подземного блочного выщелачивания велась отработка месторождения Быкогорского под г. Лермонтов, а также в Германии. Еще одно перспективное направление переработки, подкрепленное НИОКР, — кучное выщелачивание. В двух словах, суть этого метода такова: переработанная руда — как правило, уже с низким содержанием урана — выкладывается в штабели, которые поливают растворами серной кислоты. Применение кучного выщелачивания позволяет предприятию меньше дробить руду (не в пудру, а до размеров щебня), что дает существенную экономию энергии.

Однако, на сегодняшний день скважинное подземное выщелачивание остается самым энергоэффективным и экономически выгодным методом добычи урана.

8.4.4 Утилизация низкопотенциального тепла с помощью тепловых насосов

Одним из направлений использования низкопотенциального сбросного тепла является внедрение тепловых насосов (ТН). Источником низкопотенциальной теплоты для ТН может служить тепло от растворов ПР, ВР и другие низкопотенциальные вторичные энергоресурсы. Использовать ТН можно для системы вентиляции в отапливаемый период.

Источником для работы теплового насоса может служить любая среда с температурой от +5 до +40 °С. Чаще всего в качестве источника используются артезианские скважины, промышленные сбросы, градирные установки, незамерзающие водоемы.

Следует подчеркнуть, что ТН тратит энергию не на выработку тепла, как электрообогреватель, а только на перемещение фреона по системе. Основная же часть тепла передается потребителю от источника. Этим и объясняется низкая себестоимость тепла от ТН.

Первое же применение тепловых насосов для отопления показало, что ни одна котельная просто не в состоянии экономически конкурировать с тепловым насосом. В результате

тепловые насосные установки стали стремительно вытеснять все остальные способы теплоснабжения. К настоящему времени масштабы внедрения тепловых насосов в мире ошеломляют:

- В Швеции 50% всего отопления обеспечивают тепловые насосы;
- В Германии предусмотрена дотация государства на установку тепловых насосов в размере 400 марок за каждый кВт установленной мощности;
- В Японии ежегодно производится около 3 млн тепловых насосов;
- В США ежегодно производится около 1 млн тепловых насосов;
- В Стокгольме 12 % всего отопления города обеспечивается тепловыми насосами общей мощностью 320 МВт, использующими как источник тепла Балтийское море с температурой +8 °С.

Каковы же причины такого массового признания тепловых насосов?

- Экономичность. Чтобы передать в систему отопления 1 кВт тепловой энергии, тепловому насосу нужно лишь 0,2-0,35 кВт электроэнергии;
- Экологическая чистота. Тепловой насос не сжигает топливо и не производит вредных выбросов в атмосферу;
- Минимальное обслуживание. Для работы теплонасосной станции мощностью до 10 МВт не требуется более одного оператора в смену;
- Легкая адаптация к имеющейся системе отопления.
- Короткий срок окупаемости. В связи с низкой себестоимостью произведенного тепла тепловой насос окупается в среднем за 1,5-2 года.

9. Анализ НТД при осуществлении хозяйственной и/или иной деятельности, актуальных для всех промышленных предприятий вне зависимости от принадлежности

9.1 Наилучшие доступные технологии при осуществлении хозяйственной и/или иной деятельности и рекомендации по их применению

В результате анализа предоставленной заинтересованными сторонами, полученной из открытых источников и подготовленной составителями данного документа, представлена информация по наилучшим доступным технологиям, направленным на применение технологических, технических и управленческих решений, обеспечивающих повышение энергоэффективности.

Значение обеспечения высокой энергоэффективности производства трудно переоценить, но одновременное решение задач повышения эффективности использования энергетических ресурсов и увеличения степени защиты окружающей среды в целом могут потребовать поиска компромиссов.

Поэтому наилучшие доступные технологии в настоящем предлагаются в качестве наиболее доступных решений, которые следует принимать во внимание при оптимизации энергоэффективности.

На сегодняшний день самые наилучшие доступные технологии при осуществлении хозяйственной и/или иной деятельности на территории Казахстана представлены в Табл. 9.1-1 Табл. 8.2-1.

Табл. 9.1-1 Перечень наилучших доступных технологий

№ п/п	Наименование технологии
1.	Применение энергоэффективных систем освещения
2.	Ввод в работу неиспользуемых средств автоматического регулирования напряжения (АРН) на трансформаторах с РПН
3.	Установка УКРМ
4.	Установка и ввод в работу регулировочных трансформаторов
5.	Внедрение симметрирующих устройств на трансформаторах

№ п/п	Наименование технологии
	напряжением 10кВ
6.	Вывод одного из трансформаторов в резерв
7.	Отключение трансформаторов на подстанциях с сезонной нагрузкой
8.	Перевод на более высокое напряжение первичной обмотки
9.	Замена трансформаторов / реконструкция подстанции
10.	Установка устройств плавного пуска (для асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором)
11.	Установка ЧРП
12.	Замена двигателя
13.	Новая технология по защите металлоконструкций

9.2 Требования по энергоэффективности к системам освещения

Современную жизнь человека невозможно представить без искусственного освещения. Широкий ассортимент источников искусственного освещения, разрабатываемых и выпускаемых различными компаниями, помогает человеку быть менее независимым от естественного освещения. Здоровый свет улучшает комфорт, повышает нашу безопасность, сохраняет здоровье людей, способствует повышению производительности труда, уменьшает расходы природных ресурсов страны, повышает урожайность сельскохозяйственной продукции и животноводства, снижает утомляемость и потерю зрения.

Современный рынок светотехнической продукции характеризуется большим ассортиментом электрических ламп, которые находят самое широкое применение в народном хозяйстве и в быту.

К источникам света предъявляется множество требований, например, для достижения зрительного комфорта необходимо выдержать на определенном уровне такие светотехнические параметры как оптимальная освещенность, минимальное слепящее действие, заданное распределение ярко-

сти, хорошая цветопередача и при этом требуется, чтобы источники света были энергоэффективными.

Система освещения считается энергоэффективной, если она создает высококачественное освещение и сохраняет свои характеристики на протяжении длительной времени при низких расходах на потребление электроэнергии, эксплуатацию, капитальных затратах на приобретение и монтаж. При этом экономия электроэнергии на освещение не должна достигаться за счет снижения норм на освещение, поскольку потери при ухудшении условий освещения значительно превосходит стоимость сэкономленной электроэнергии.

Проблема энергосбережения во всех странах мира приобрела за последние годы большое значение. Затраты на электроэнергию растут пропорционально потребностям населения страны. В этой связи одной из главных задач энергосбережения является производство и применение энергоэкономичных источников света.

Энергетический эффект определяется степенью использования энергоэффективных источников света. На современном этапе развития светотехнического оборудования наиболее энергоэффективными являются светодиодные, за ними идут натриевые высокого давления, металлогалогенные и люминесцентные лампы.

Выбор того или иного типа ламп обычно определяется двумя обстоятельствами: стоимости и срок службы. Хотя более правильными экологическими аспектами и собственно энергоэффективностью.

Металлогалогенные и люминесцентные лампы являются ртутосодержащими, т.е. представляют определенную угрозу экологической безопасности. Такого типа лампы подлежат обязательной утилизации на специальных предприятиях, что влечет за собой дополнительные затраты. Таким образом, предпочтительно использовать светодиодные светильники.

Наиболее энергоемкими сферами потребления электроэнергии на цели освещения в нашей стране являются наружное освещение, жилые, общественно-административные и промышленные здания, на долю которых приходится значительный объем всех эксплуатируемых светильников и соответственно самих источников света.

Задача энергосбережения в этих направлениях использования может решаться путем широкого применения новых высокоэффективных источников света.

Проблема экономии электроэнергии в условиях ограничения ресурсов и роста их потребления крайне актуальна. Переход на энергоэффективное освещение является одним из наиболее экономически эффективных и быстрых способов сокращения потребления энергоресурсов и снижения энергоемкости по сравнению с другими энергосберегающими технологиями, что в конечном счете, будет положительно влиять на экологию.

Показателями энергоэффективности для источников света являются:

- 1) световая отдача;
- 2) коэффициент мощности для ламп со встроенными балластами или устройствами управления.

Для источников света, применяемых для внутреннего освещения, устанавливаются требования к минимальной световой отдаче и индексу цветопередачи ламп со светодиодными источниками света согласно документу «Об установлении требований по энергоэффективности технологических процессов, оборудования, в том числе электрооборудования».

Табл. 9.2-1 Требования к минимальной световой отдаче и индексу цветопередачи ламп со светодиодными источниками света

Коррелированная цветовая температура, Кельвин	Световая отдача люмен/Ватт, не менее	Индекс цветопередачи, не менее
2700	90	80
3000		
3500	100	75
4000		
4500		
5000	110	

Индекс энергоэффективности лампы и светильника получают делением потребляемой электрической мощности на расчетную мощность светового потока.

Величина индекса сверяется с таблицей классов энергоэффективности.

Табл. 9.2-2 Классы энергоэффективности источников света

Класс энергоэффективности	Индекс энергоэффективности (EEI) для ненаправленных источников света
A++ (наиболее эффективный)	$EEI \leq 0,11$
A+	$0,11 < EEI \leq 0,17$
A	$0,17 < EEI \leq 0,24$
B	$0,24 < EEI \leq 0,60$
C	$0,60 < EEI \leq 0,80$
D	$0,80 < EEI \leq 0,95$
E (наименее эффективный)	$EEI > 0,95$

Характеристиками энергетической эффективности лампы являются:

- световой поток лампы, лм;
- потребляемая мощность лампы, Вт;
- средний срок службы лампы, ч.

Расход ЭЭ может быть снижен за счет грамотного выбора осветительных приборов с необходимым светораспределением, конструктивным исполнением, и оптимальной высотой подвеса. На сегодняшний момент для освещения общественных помещений широко применяются светильники с люминесцентными лампами (ЛЛ). При выборе светильников с ЛЛ, и другими источниками света, необходимо особое внимание уделить оптическому КПД, чем он выше, тем лучше.

Оптический КПД светильника в значительной степени зависит отражателя и рассеивателя применяемого в светильнике. В настоящее время для производства рассеивателей для люминесцентных светильников применяют: полиметилметакрилат, поликарбонат и светостабилизированный полистирол. В процессе эксплуатации светильников, у рассеивателей

снижается коэффициент пропускания в результате воздействия коротковолнового видимого и ультрафиолетового излучения, присутствующего в спектре ламп и в спектре естественного света. Наименьшее снижение коэффициента пропускания имеет полиметилметакрилат, а наибольшее – полистирол, который за короткое время теряет свою первоначальную прозрачность и желтеет.

Таким образом, если для освещения выбран светильник, изготовленный из некачественных материалов, то это приводит к преждевременному снижению световых показателей светильника и, соответственно, к снижению уровней освещенностей на рабочих поверхностях, что впоследствии вызовет необходимость в преждевременной замене светильника.

Основные параметры, на которые обращают в основном внимание при выборе источника света, это мощность, световой поток, световая температура, цоколь, световая отдача и яркость.

Мощность

Измеряется в Ваттах (Вт или W). Чем выше мощность, тем ярче будет гореть лампа, но при этом будет больше расход электроэнергии.

Световой поток

Измеряется в люменах (лм или Lm). Самый важный и ответственный показатель лампы. Именно этот показатель указывает, насколько светло будет в вашем помещении. Чем выше цифра, тем светлее будет.

Световая температура

Измеряется в кельвинах (K). Показатель цветности лампы, т.е. оттенки которые мы видим чаще всего делим на:

- теплый цвет "как обычная лампа" (примерно 2700 - 3300 K);
- дневной (4000 - 4200 K), еще называют природным цветом;
- холодный (около 5000 K).

Цоколь.

Видов цоколя достаточно много, но самые распространенные у нас - это цоколь E40, E27 и E14. Данные цифры обозначают миллиметры диаметра цоколя. На предприятиях, складах и уличном освещении в основном, используют лампы с E40 цоколем.

Световая отдача

Это комплекс показателей, которые можно назвать коэффициентом полезного действия (КПД), в частности соотношение светового потока к мощности. Отображается в лм/Вт. Чем выше значение световой отдачи, тем экономичнее работает лампочка. Теоретически достигаемая максимальная величина при полном преобразовании энергии в видимый свет, для белого света составляет 199 лм/Вт. Обычная лампа накаливания имеет низкую световую отдачу - чуть больше 10 лм/Вт, что и является ее основным недостатком.

Класс энергоэффективности люминесцентных ламп

Люминесцентная лампа – это газоразрядный источник света, в котором видимый свет излучается в основном люминофором, который, в свою очередь, светится под воздействием ультрафиолетового излучения разряда.

Колбу лампы наполняют газом с парами ртути, внутри установлены электроды для генерации необходимого разряда используют трансформатор электроэнергии. Пары ртути светятся в ультрафиолетовом диапазоне, когда через них проходит электрический разряд.

Глаз человека не воспринимает ультрафиолетовый свет, поэтому на колбу лампы наносят люминофор.

Люминофор – это покрытие с внутренней стороны колбы, которое преобразует ультрафиолет в видимый человеку спектр. Покрытие может быть разного состава, в зависимости от этого и излучаемый спектр меняется.

При прохождении через покрытие, часть полезного излучения задерживается – это неизбежные потери, лампа на ощупь остается относительно холодной, а значит не тратит энергию на нагрев.

Именно поэтому такие лампы имеют достаточно высокий индекс энергоэффективности, который попадает в группы «В» и «С».

Лампы этого типа считают энергоэффективными, также к преимуществам ламп такого типа относят и большой срок службы.

У люминесцентных ламп есть и серьёзный недостаток. Газовый наполнитель лампы содержит ртуть, это опасный для окружающей среды и человека металл.

Нельзя допускать разгерметизации лампы и такую лампу нельзя выбросить с бытовым мусором они должны быть сданы на утилизацию, что приводит к дополнительным расходам.

Светильники с люминесцентными лампами очень распространены в своем использовании, данный тип светильников можно отнести к энергосберегающим.

Замена люминесцентных ламп на светодиодные, без переделки питающей схемы не имеет смысла.

Класс энергоэффективности светодиодных ламп

Светодиодные лампы заняли почетные передовые места по энергоэффективности систем освещения.

Светодиодные лампы и светильники относят к классу «А». В Европе таблицу энергоэффективности уже расширили, появились еще более энергосберегающие классы: «А+» и «А++».

Светодиодная лампа – это источник света, основанный на светодиодах. Внутри лампы находится несколько десятков таких светодиодов.

Светодиод – это сочетание двух полупроводниковых элементов, когда через них пропускают электрический ток, то он светится. В зависимости от сочетания разных полупроводников получают разные цвета. Расход на нагрев в полупроводниках минимальный, поэтому светодиод является самым эффективным источником освещения.

К сожалению, сам светодиод нельзя подключить напрямую в электрическую сеть. Для того, чтобы светодиод светился, нужна электрическая схема (выпрямитель, стабили-

зотор, трансформатор) – такую схему устанавливают внутри светодиодной лампы.

Светодиоды очень долговечны, но на их срок службы влияет надежность схемы питания. Если схема изготовлена качественно, то такие лампы прослужат в десятки раз дольше лампы накаливания.

Спектр излучения светодиодов необходимо корректировать для того, чтобы освещение было комфортным. Для этого применяют люминофорное покрытие с внутренней стороны колбы, как у люминесцентных ламп.

Класс энергоэффективности галогенных ламп

Галогенные лампы – это лампы, в которых есть спираль накаливания, а колба заполнена газом (пары йода или бора).

Газ внутри колбы позволяет спирали светиться более ярко. Галогенные лампы эффективнее, чем обычные лампы накаливания, но также сильно нагреваются и тратится большая часть энергии, поэтому галогенные лампы, в зависимости от качества исполнения относятся только к классам энергоэффективности «С» и «D».

Галогенные лампы встречаются достаточно часто в осветительных приборах, особенно в подвесных потолках, но постепенно уступают место светодиодам.

Для того, чтобы снизить потребление электроэнергии галогенные лампы можно заменить на светодиодные и для того, чтобы светильник стал энергосберегающим, нужно отключать от схемы питания пускорегулирующую аппаратуру галогенных ламп.

Стоимость такой доработки светильника может быть экономически не выгодной, дешевле купить новый светодиодный светильник и установить на место галогенного.

Класс энергоэффективности газоразрядных ламп

Газоразрядные лампы имеют несколько типов ДРЛ, ДРВ, ДНаТ.

Лампа ДРЛ (Дуговая Ртутная Люминофорная) является электрическим газоразрядным светотехническим устройством для искусственного освещения. Основным рабочим

элементом лампы является кварцевая горелка. По ее сторонам располагается пара электродов. Один основной, а второй вспомогательный. Они расположены во внутренней кварцевой колбе, заполненной аргоном и парами ртути.

Стеклянная колба располагается поверх кварцевой. Для заполнения пространства в нее закачивается газ азот. Изнутри колба окрашена белым люминофором, поэтому она и не прозрачная.

Лампы ДРЛ относятся к классам энергоэффективности «В».

ДРВ (Дуговая Ртутно-Вольфрамовая) лампа, она является гибридом между лампами накаливания и ДРЛ. В ней имеется вольфрамовая спираль. Она располагается вместе с горелкой в кварцевой колбе с аргоновой средой. При этом если ДРЛ лампа нуждается в индукционном пускорегулирующем аппарате, то ДРВ устройства в нем не нуждаются. Его функции берет на себя вольфрамовая нить.

Лампы ДРВ относятся к классам энергоэффективности «С».

Одним из типов освещения является натриевая газоразрядная лампа (НЛ). Лампа представляет собой колбу, сделанную из специального высокопрочного оксида алюминия, который выдерживает и высокие температуры, и действие паров натрия. На края колбы присоединяются 2 электрода, саму колбу заполняют смесью инертных газов, сплава ртути и натрия и ксенона. Это позволяет получить яркий желто-оранжевый свет: он плохо передает цвета, но отлично справляется с уличным освещением в условиях тумана.

Все натриевые лампы делятся на:

Источники низкого давления (НЛНД): из всех НЛ они были созданы первыми. Они распространены в Европе, где до сих пор применяются для освещения загородных трасс. Главными отличиями ламп низкого давления являются сильная зависимость эффективности от температуры окружающей среды и производство внутренней колбы из боросиликатного стекла из-за высокой агрессивности натрия.

Светильники высокого давления (НЛВД): их применяют для дополнительного освещения растений в промышленно-

сти. Трубки были изготовлены из оксида алюминия, внешняя колба — из термостойкого стекла. Горелка наполняется газовыми смесями и сплавом натрия с ртутью. Существуют и модели без ртути.

Лампы высокого давления также бывают нескольких типов:

ДНаТ- Дуговая Натриевая Трубчатая лампа;

ДНаЗ - Дуговые Натриевые Зеркальные;

ДНаС - Дуговые Натриевые в Светорассеивающей колбе;

ДНаМТ - Дуговые натриевые Матированные.

Натриевая газоразрядная лампа (НЛ) в большинстве случаев относятся к классам энергоэффективности «В».

Класс энергоэффективности ламп накаливания

Лампы накаливания еще встречаются в использовании, в большей части это связано с простотой и низкой ценой по отношению к другим источникам света.

Принцип работы таких ламп известен всем. Спираль из вольфрамовой нити раскаляется при прохождении через неё электрического тока. Для увеличения срока службы, спираль закрыта колбой, из которой откачан воздух.

Лампы накаливания относятся к самым последним классам энергоэффективности.

Это «Е», «F» и даже «G».

Лампы накаливания не являются энергосберегающими — потребляют много энергии. Для сравнения: лампа накаливания в 100 Ватт также светит, как и 15 Ваттная светодиодная лампа.

Класс энергоэффективности светильников

Если в светильник можно устанавливать разные типы ламп, то такой светильник не будет иметь отдельного класса энергосбережения.

Класс энергосбережения будет только у лампы в светильнике.

Светильники под определенные типы ламп попадают в классификацию по энергоэффективности. Расчет индекса производится также, как и для ламп.

Светодиодные светильники относятся к энергосберегающим осветительным устройствам класса «А».

Светодиодные светильники – это самые энергоэффективные решения для освещения.

9.3 Наилучшие доступные мероприятия

Самыми распространёнными мероприятиями по системам освещения является замена ламп в системе освещения на светодиодные лампы с сохранением светового потока.

а) Замена трубчатых люминесцентных ламп на светодиодные

Одним из способов экономии электроэнергии на предприятии является использование энергосберегающих светодиодных ламп вместо люминесцентных ламп. Для примера: светодиодная лампа мощностью 6,5 Вт заменяет люминесцентную лампу мощностью 18 Вт. Светодиодные лампы позволяют снизить потребление электроэнергии приблизительно на 60 % без потери привычного уровня освещенности. Также следует обратить внимание на то, что срок службы светодиодной лампы больше в четыре раза, чем у ЛЛ и составляет 50 000 часов, тогда как у ЛЛ он составляет 12 000 часов. Замена ЛЛ не предусматривает замену светильников в целом, что положительно сказывается на затратах по их замене.

Замена люминесцентных ламп на аналоговые – светодиодные, без снижения светового потока позволит ежегодно экономить 86 МВт·ч в год.

Срок окупаемости от 8 лет до 12 лет.

б) Замена компактных люминесцентных ламп на светодиодные

В настоящее время на предприятии широко используются компактные люминесцентные лампы, пришедшие на смену энергоёмким лампам накаливания в недавнем прошлом. На сегодняшний день доступными и еще более энергоэффективными являются светодиодные лампы с цоколем E27, эффективность которых в три раза больше КЛЛ.

Таким образом, мероприятие по замене компактных люминесцентных ламп на светодиодные, без снижения светового потока позволит ежегодно экономить 107,12 МВт·ч в год. Сроком окупаемости от 1 года до 2 лет.

в) Замена светильников РКУ с лампами ДРЛ-250W на светодиодные светильники

Светильники наружного освещения типа РКУ с лампами ДРЛ-250W используются для освещения территорий. Средний срок службы ламп ДРЛ составляет около 10 000 часов, в то время как срок службы светодиодных светильников достигает 50 000 часов. Светодиодные светильники типа «Кобра-110W» со световым потоком 9 600 Лм, устойчивы к перепадам напряжения и климатическим условиям. Замена светильников с дугоразрядными лампами на аналоговые – светодиодные, без снижения светового потока позволит ежегодно экономить 106,11 МВт·ч в год. Срок окупаемости до 12 лет.

9.4 Требования по энергоэффективности к трансформаторам

Энергосбережение — комплексная задача рационального расходования топливно-энергетических ресурсов, которая стоит перед каждым производителем и потребителем любого вида энергии. Реализация мероприятий по энергосбережению обеспечивает снижение энергоемкости и, соответственно, себестоимости производимой продукции.

Применительно к электрической энергии энергосбережение обеспечивается в первую очередь за счет реализации комплекса мероприятий по снижению потерь электроэнергии как при передаче электроэнергии от источника до потребителя, так и в системе электроснабжения потребителя. Предприятия имеют достаточно сложную систему электроснабжения, включающую в себя трансформаторы, коммутационную аппаратуру, кабельные сети и, довольно часто, устройства компенсации реактивной мощности. Одним из основных элемен-

тов электроснабжения предприятий являются подстанции. Электрической подстанцией называют электроустановку, служащую для преобразования и распределения электроэнергии и состоящую из трансформаторов или других преобразователей энергии, распределительного устройства, устройства управления и вспомогательных сооружений. Схемы систем электроснабжения обычно проектируются с учетом требования обеспечения надежности электроснабжения производственно-технологического оборудования и вспомогательных служб, например, за счет резервирования.

Основные потери в системе электроснабжения предприятий — потери в трансформаторах.

Потери трансформаторов складываются из потерь х.х., которые имеются всегда, когда трансформатор включен в сеть, и нагрузочных потерь (потерь в обмотках). Потери х.х. постоянны во времени и могут меняться в большую сторону по мере старения и износа оборудования. Нагрузочные потери прямо пропорциональны квадрату тока, протекающего в обмотках трансформатора, при 100% загрузке трансформатора они равны потерям к.з. Требование резервирования трансформаторного оборудования приводит к росту потерь х.х.

Пути снижения потерь х.х. трансформаторов таковы:

- увеличение сечений стержней и ярем магнитопроводов, что приводит к непропорциональному увеличению габаритных размеров, массы и стоимости;
- применение для изготовления магнитопроводов специальных марок трансформаторной стали;
- уменьшение толщины пластин магнитопроводов;
- применение для изготовления магнитопроводов аморфных материалов.

Пути снижения нагрузочных потерь трансформаторов таковы:

- увеличение сечений проводников обмотки, что также приводит к непропорциональному увеличению габаритных размеров, массы и стоимости;

- применение материалов повышенной электропроводности, например, сверхпроводящих (но эти технологии пока еще слишком дороги и для распределительных трансформаторов экономически неоправданно).

На сегодняшний день применение аморфных материалов для изготовления магнитопроводов — наиболее перспективное направление энергосбережения применительно к распределительным трансформаторам. И это большей части касается производителей трансформаторов, на сколько быстро они смогут разработать новую конструкторскую документацию.

Энергоэффективность трансформатора оценивается через отношение потерь в трансформаторе (P_{los}) к проходящей через него мощности и определяется через коэффициент энергоэффективности ($K_{\text{эфф}}$), который по сути соответствует коэффициенту полезного действия (КПД). Существуют два определения $K_{\text{эфф}}$. В странах Северной Америки (США, Канада) применяется определение по стандартам IEEE, ANSI:

$$K_{\text{эфф}} = S_{\text{out}} / (S_{\text{out}} + P_{\text{los}}) \quad (1)$$

В Европе и странах, использующих стандарт IEC (МЭК), применяют следующее определение:

$$K_{\text{эфф}} = (S_{\text{input}} - P_{\text{los}}) / S_{\text{input}} \quad (2)$$

Разница в определениях заключается в том, что в качестве базисной (расчетной номинальной мощности трансформатора) по формуле (1) принимается выходная мощность трансформатора (S_{out}), а по формуле (2) — входная (S_{input}). Расчеты $K_{\text{эфф}}$ по формулам (1) и (2) близки, но не одинаковы. Как отмечалось выше, потери в трансформаторе (P_{los}) складываются из потерь ($P_{\text{х.х.}}$) и потерь ($P_{\text{к.з.}}$). $P_{\text{х.х.}}$ характеризуют потери в магнитопроводе, не зависят от нагрузки трансформатора и практически постоянны во времени, $P_{\text{к.з.}}$ характеризуют потери в обмотках и зависят от нагрузки трансформатора.

Коэффициент энергоэффективности трансформаторов, изготавливаемых по требованиям ЕС, достигается при значениях нагрузки около 30%, а изготавливаемых по требованиям

ГОСТ 27360-87 достигается при значениях нагрузки около 45%. Как отмечено выше, в США требования к коэффициенту энергоэффективности маслonaполненных распределительных трансформаторов задаются при нагрузке 50%. Следует заметить, что требования к коэффициенту энергоэффективности низковольтных (напряжение ВН менее 1,1 кВ) сухих распределительных трансформаторов задаются при нагрузке 35%, так как трансформаторы данного типа в основном применяются для электроснабжения отдельных домохозяйств с низким значением нагрузки.

На рисунке ниже показаны зависимости максимального значения коэффициента энергоэффективности от номинальной мощности трехфазного маслonaполненного распределительного трансформатора в соответствии со стандартами США, ЕС и России. Как видно из рисунка ниже, коэффициент энергоэффективности увеличивается с ростом мощности трансформатора, причем трансформаторы, соответствующие требованиям ГОСТ, имеют существенно меньшую энергоэффективность, чем трансформаторы той же мощности, соответствующие требованиям ЕС и США.

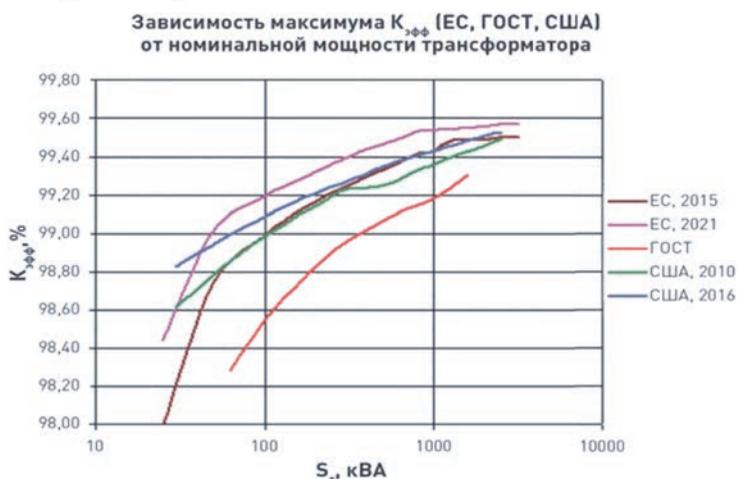


Рис. 9.4-1 Зависимость максимума $K_{эфф}$ от номинальной мощности трансформатора.

Потери в распределительных трансформаторах составляют значительную часть общих потерь в системах передачи и распределения энергии. Так, например, проведенный в конце XX века анализ работы сетей передачи и распределения энергии тихоокеанского побережья США показал, что потери в распределительных трансформаторах составляют более 30 %, в то время, как в трансформаторах питающих подстанций теряется только 2 %. Аналогичная картина имеет место и в отечественных распределительных трансформаторах. Учитывая значительное количество таких трансформаторов в энергосистеме, и большой срок их службы, такие трансформаторы представляют собой значительный резерв энергосбережения. Поэтому с точки зрения энергосбережения повышение эффективности распределительных трансформаторов всего на 0,1 % уже оправдано, поскольку такие трансформаторы постоянно находятся под напряжением и при их круглосуточной и круглогодичной работе экономия от снижения потерь холостого хода (х.х.) в течение 20...30 лет получается довольно значительной.

Экономия потребляемой предприятиями электрической энергии достигается путём снижения потерь при преобразовании энергии в трансформаторах, а также через оптимизацию режимов их эксплуатации.

Энергоэффективность силового трансформатора, определяется тремя факторами:

- загрузкой трансформатора;
- мощностью его потерь холостого хода (далее — потери х.х.);
- мощностью его потерь короткого замыкания (далее — потери к.з.)

В настоящее время в Казахстане и странах СНГ серийно выпускаются трансформаторы с классом потерь D и энерго-сберегающие трансформаторы классом потерь C. Трансформаторы, находящиеся в эксплуатации у сетевых компаний и конечных потребителей, соответствуют в основном классу потерь E.

В России вступил в силу документ СТО 34.01-3.2-011-2017 «Трансформаторы силовые распределительные 6–10 кВ мощностью 63–2500 кВА «Требования к уровню потерь холостого хода и короткого замыкания», в котором представлены четыре класса энергетической эффективности.

На сегодняшний день в РК аналогично установлено 4 категории уровня максимальных потерь в силовом трансформаторе напряжением 6-10 кВ (холостого хода - с индексом "Х", и короткого замыкания - с индексом "К"): 1, 2, 3 и 4 (4 класса энергоэффективности), приведенные в таблицах ниже.

Табл. 9.4-1 Категории уровня максимальных потерь в силовом трансформаторе напряжением 6-10 кВ (холостого хода)

Мощность, кВА	Потери ХХ, Вт			
	Класс энергоэффективности			
	X1	X2	X3	X4
63	175	160	128	104
100	260	217	180	145
160	375	300	260	210
250	520	425	360	300
400	750	565	520	430
630	1000	696	730	560
1000	1400	957	940	770
1250	1500	1350	1150	950
1600	1950	1478	1450	1200
2500	2600	2130	2100	1750

Табл. 9.4-2 Категории уровня максимальных потерь
в силовом трансформаторе напряжением 6-10 кВ
(короткого замыкания)

Мощность, кВА	Потери КЗ, Вт		
	Класс энергоэффективности		
	К1	К2	К3
63	1280	1270	1031
100	1970	1591	1475
160	2900	2136	2000
250	3700	2955	2750
400	5400	4182	3850
630	7600	6136	5600
1000	10600	9545	9000
1250	13500	13250	11000
1600	16500	15455	14000
2500	26500	23182	22000

В зависимости от сочетания категорий «X» и «K» возможны различные сочетания классов энергоэффективности, приведенные ниже в таблице.

Табл. 9.4-3 Различные сочетания классов
энергоэффективности трансформатора

PXX/ PKЗ	К1	К2	К3
X1	X1K1	X1K2	X1K3
X2	X2K1	X2K2	X2K3
X3	X3K1	X3K2	X3K3
X4	X4K1	X4K2	X4K3

Из всего выше сказанного можно сделать выводы, что развитие европейских и мировых стандартов для распределительных трансформаторов идет по пути ужесточения требований к потерям х.х. и к.з. Развитие отечественной стан-

дартизации в части требований к распределительным трансформаторам отстает от мировых тенденций. Требования к распределительным трансформаторам должны включать требования к коэффициенту энергоэффективности и расчетному коэффициенту загрузки. Отечественной промышленностью имеет возможность освоить производство трансформаторов с магнитопроводами из аморфной стали, однако их применение сдерживается существующим порядком проведения закупок, ориентированным на минимальную цену без учета энергоэффективности.

Для широкого внедрения энергоэффективных трансформаторов целесообразно:

- доработать и ввести в действие национальные стандарты, устанавливающие современные уровни требований к энергоэффективности трансформаторов;
- внести изменения в процедуры проведения закупок с целью учета капитализированной стоимости трансформаторов;
- разработать и ввести в действие комплекс мероприятий по ограничению внедрения и эксплуатации трансформаторов, не соответствующих требованиям по энергоэффективности.

Также одним из главных акцентов по производству энергоэффективных трансформаторов является поддержка отечественных производителей государством таких компаний как «Alageum Electric». Так, например, китайское правительство поддерживает и субсидирует производителей, что стимулирует разработку и производство более энергоэффективного и экологичного оборудования. Так, разница в энергоэффективности между прежним и новым трансформатором, а также затраты на новые технологии компенсируются государством.

Правительством РФ 17.06.2015 принято постановление № 600 «Об утверждении перечня объектов и технологий, которые относятся к объектам и технологиям высокой энергетической эффективности». Организациям, которые покупают оборудование, относящееся к объектам и технологиям высо-

кой энергетической эффективности, в соответствии с постановлением № 600 предоставляются следующие льготы:

1. инвестиционный налоговый кредит;
2. право налогоплательщиков применять к основной норме амортизации специальный коэффициент, но не выше 2;
3. освобождение от налогообложения организаций в отношении вновь вводимых объектов, имеющих высокую энергетическую эффективность, в течение трех лет со дня постановки такого имущества на налоговый учет.

В Казахстане же производители пока только могут надеяться на научные гранты, направленные на стимулирование создания высокотехнологичных продуктов.

Но что же делать предприятиям, имеющим на своем балансе множество подстанций и трансформаторов разной мощности.

Наибольший потенциал энергосбережения имеют подстанции, со следующими характеристиками:

- 1) Высокая или крайне низкая загрузка трансформаторов (менее 25 % или более 75 %);
- 2) Высокая установленная мощность (более 400 кВт, в зависимости от объекта);
- 3) Постоянный режим работы (около 8760 ч/год);
- 4) Низкий коэффициент мощности ($\leq 0,92$);
- 5) Давний срок изготовления трансформаторов (старше 20 лет);
- 6) Высокие значения потерь холостого хода (≥ 1 %);
- 7) Высокая плотность тока.

Подстанции, которые попадают под все приведённые выше критерии, соответственно обладают высоким потенциалом энергосбережения, а также низкой надёжностью и высокими затратами на эксплуатацию и обслуживание.

Переход к применению энергоэффективных трансформаторов позволяет: повысить коэффициент полезного действия (КПД) на 1-10 %; увеличить коэффициент мощности; снизить уровень шума.

В результате оптимизации только КПД трансформаторов можно значительно снизить эксплуатационные расходы. Тщательная оценка любого действия влияет на общую производительность системы.

Недогруженные или перегруженные трансформаторы

Как было показано выше при недогрузке трансформатора существенно снижается его КПД. При нагрузке более 70-75 % также происходит снижение КПД трансформатора. Для трансформаторов с высокой или крайне низкой нагрузкой (менее 25 % или более 75 %) следует рассмотреть замену на энергоэффективные с оптимальным коэффициентом загрузки.

Например, на предприятии установлен трансформатор ТМ-100/6, работающий со средним коэффициентом загрузки 0,9. Трансформатор имеет потери холостого $\Delta P_{xx} = 0,365$ кВт, и потери короткого замыкания $\Delta P_{кз} = 2,27$ кВт. При режиме работы трансформатора $T_g = T_p = 8760$ часов потери активной электроэнергии в трансформаторе составят:

$$\Delta W_{\text{потери}} = \Delta P_{xx} \cdot T_g + K_z^2 \cdot \Delta P_{кз} \cdot T_p = 0,365 * 8760 + 0,9^2 * 2,27 * 8760 = 19\,304 \text{ кВт} \cdot \text{ч}.$$

Учитывая тот факт, что наиболее эффективный режим работы трансформатора обеспечивается при коэффициенте загрузки равном 0,4, примем к установке энергоэффективный трансформатор с мощностью 250 кВА. Трансформатор имеет потери холостого $\Delta P_{xx} = 0,360$ кВт, и потери короткого замыкания $\Delta P_{кз} = 2,75$ кВт. При режиме работы трансформатора $T_g = T_p = 8760$ часов потери активной электроэнергии в трансформаторе составят:

$$\Delta W_{\text{потери}} = \Delta P_{xx} \cdot T_g + K_z^2 \cdot \Delta P_{кз} \cdot T_p = 0,360 * 8760 + 0,36^2 * 2,75 * 8760 = 6\,275 \text{ кВт} \cdot \text{ч}.$$

Таким образом, при замене трансформатора произойдет снижение потерь электроэнергии в объеме 13 029 кВт*ч в год. При стоимости электроэнергии 17 тг/кВт*ч экономия эксплуатационных затрат составит 221,5 тыс. тг в год.

Показатели для определения энергоэффективности трансформаторов

Для определения основных параметров эффективности работы трансформаторов можно воспользоваться следующими показателями, которые следует определять для каждого рассматриваемого трансформатора.

Доля мощности трансформатора в суммарной установленной мощности всех трансформаторов обследуемого объекта. Чем выше коэффициент, тем выше значимость предлагаемых мероприятий:

$$\delta N = \frac{N_i}{\sum N_i}$$

где

N_i - номинальная мощность трансформатора, кВт;

$\sum N_i$ - суммарная установленная мощность всех трансформаторов, кВт;

Средняя загрузка трансформатора. Показатель, характеризующий использование установленной мощности трансформатора, относительный показатель, согласно которому будет понятно, с какой средней мощностью работает трансформатор. Чем выше коэффициент, тем выше средняя мощность:

$$K_3 = \frac{S_{cp}}{S_n}$$

где

S_{cp} - среднее за год значение нагрузки трансформатора, кВА;

S_n - номинальная загрузка трансформатора, кВА;

Коэффициент использования подстанции:

$$K_i = \frac{T_p}{8760}$$

где

T_p - число часов работы трансформатора под нагрузкой за исследуемый период;

Коэффициент мощности трансформатора. Позволяет оценить значительность потерь, связанных с низкими значениями косинуса φ :

$\Delta\varphi$ = Нормируемый $\cos\varphi$ – Фактический $\cos\varphi$

1) Снижение токовой загрузки сетей при повышении косинуса φ

$$\Delta I = \left(\left(\frac{1}{\text{Фактический } \cos \varphi} \right)^2 - \left(\frac{1}{\text{Нормируемый } \cos \varphi} \right)^2 \right) / \left(\frac{1}{\text{Фактический } \cos \varphi} \right)^2$$

2) Потери активной электроэнергии в трансформаторах:

$$\Delta W_{\text{потери}} = \Delta P_{\text{к.з.}} \cdot T_{\text{г}} + K_{\text{з}}^2 \cdot \Delta P_{\text{х.х.}} \cdot T_{\text{р}}, \text{ кВт} \cdot \text{ч},$$

где

$T_{\text{г}}$ – годовое время включения трансформатора;

$T_{\text{р}}$ – число часов работы трансформатора под нагрузкой за исследуемый период;

$\Delta P_{\text{к.з.}}$ – потери короткого замыкания, кВт;

$\Delta P_{\text{х.х.}}$ – потери холостого хода, кВт;

$K_{\text{з}}$ – среднегодовой коэффициент загрузки трансформатора.

Трансформаторы, имеющие срок эксплуатации более 30-40 лет имеют более низкие показатели КПД, при существенной разнице данных показателей замена трансформатора становится финансово рентабельным мероприятием.

При приобретении распределительных трансформаторов должна осуществляться с учетом оценки стоимости потерь электроэнергии на протяжении всего нормативного срока службы трансформатора.

Для предварительной оценки по минимизации приведенных затрат при эксплуатации трансформатора, определяемых по упрощенной формуле:

$$Z_{п} = \frac{C_{т}}{n} + A * (N * P_{xx} + \beta^2 * \tau * P_{кз})$$

где $Z_{п}$ - приведенные к году эксплуатационные издержки, тг;

$C_{т}$ - стоимость трансформатора, тг;

P_{xx} - потери холостого хода, кВт;

$P_{кз}$ - потери короткого замыкания, кВт;

τ - число часов наибольших потерь мощности, час;

β - коэффициент загрузки трансформатора, о.е.;

A – тариф на компенсацию потерь электроэнергии тг/кВт*ч;

n - число лет нормативного срока эксплуатации трансформатора;

N - годовое число часов (8760).

9.5 Наилучшие доступные мероприятия

После определения параметров работы подстанций следует провести предварительный анализ применимости типовых мероприятий по энергоэффективности, перечень которых приведён далее.

Табл. 9.5-1 Перечень наилучших доступных технологий

№ п/п	Наименование технологии
1.	Ввод в работу неиспользуемых средств автоматического регулирования напряжения (АРН) на трансформаторах с РПН
2.	Установка УКРМ – актуальна для низких значений косинуса и больших расстояний линий подачи питания на подстанцию
3.	Установка и ввод в работу регулировочных трансформаторов
4.	Внедрение симметрирующих устройств на трансформаторах напряжением 10кВ
5.	Вывод одного из трансформаторов в резерв – актуально при низкой нагрузке подстанции и наличии секционного переключателя
6.	Отключение трансформаторов на подстанциях с сезонной нагрузкой

№ п/п	Наименование технологии
7.	Перевод на более высокое напряжение первичной обмотки – актуально для подстанций с напряжением питания 6/0,4 кВ и большими расстояниями линий подачи питания на подстанцию
8.	Замена или реконструкция подстанции – актуально в случаях, когда установленные силовые трансформаторы имеют крайне низкий коэффициент загрузки или значительную перегрузку и давний срок изготовления (низкие значения основных характеристик)

Далее, исходя из имеющейся проанализированной информации и уточнённых сведений по подстанциям, производится анализ возможности и применимости всех мероприятий для каждой подстанции по способу комплексной оценки.

9.5.1 Ввод в работу неиспользуемых средств автоматического регулирования напряжения (АРН) на трансформаторах с РПН

Автоматическое регулирование напряжения позволяет осуществлять регулирование напряжения в распределительных сетях практически независимо от режима напряжений в системообразующей сети, если в ней обеспечены нормативные эксплуатационные уровни напряжения.

Также это регулирование, должно обеспечить требуемое качество напряжения непосредственно у потребителей. В этих условиях режим напряжения может выбираться исключительно по условию функционирования распределительной сети и подключённых к ней потребителей.

Оптимизация режима и реализации оптимального решения могут быть выполнены в темпе процесса. Осуществить оптимальное управление в реальном времени невозможно без автоматических устройств, в данном случае – устройств АРН. Эффект оценивается по количеству электроэнергии, уменьшенной за счет более частой смены ответвлений РПН по отношению к эпизодическим ручным переключениям или к случаю полного отсутствия регулирования.

Технический аспект: Величина подводимого напряжения влияет на величину потерь активной мощности внутри электроприемников, потребление реактивной мощности, производительности промышленных установок и, следовательно, на количество и качество выпускаемой продукции, срок службы электроприемников.

Экономический аспект: Достижение максимальной экономической эффективности работы. Экономические показатели работы предприятий в той или иной мере зависят от режима напряжения электрической сети, к которой они подключены.

9.5.2 Установка УКРМ

Согласно постановлению Республики Казахстан от 31 марта 2015 года №393 «Об утверждении нормативных значений коэффициента мощности ($\cos \varphi$) в электрических сетях индивидуальных предпринимателей и юридических лиц» нормативные значения $\cos \varphi$ для классов напряжения в точках присоединения приведены в таблице ниже.

Табл. 9.5.2-1 Нормативные значения коэффициента мощности в электрических сетях индивидуальных предпринимателей и юридических лиц

№ п/п	Класс напряжения электрических сети	$\cos \varphi$ *
1	Напряжение 110 – 220 кВ	$\geq 0,89$
2	Напряжение 6 – 35 кВ	$\geq 0,92$
3	Напряжение 0,4 кВ	$\geq 0,93$

* - $\cos \varphi$ (коэффициент мощности) – безразмерная физическая величина, являющаяся энергетической характеристикой электрического тока, которая равна отношению активной мощности к полной.

Оценка штрафных санкций при несоблюдении нормативных значений коэффициента мощности в электрических сетях и превышение нормативов энергопотребления согласно действующим законодательству представлена в таблице ниже.

Табл. 9.5.2-2 Оценка штрафных санкций за несоблюдение нормативных значений коэффициента мощности в электрических сетях

Нормативный документ	Наименование статьи
КоАП РК (Кодекс Республики Казахстана об административных правонарушениях по состоянию на 01.02.2021 г.)	Статья 289-1. п.-1/несоблюдение нормативных значений коэффициента мощности в электрических сетях – штраф на субъекты среднего предпринимательства в размере десяти, на субъекты крупного предпринимательства – в размере двухсот месячных расчетных показателей.*
	Статья 289-1. п.-3/деяние, предусмотренное частью (пунктом) первой статьи 219-1, совершенное повторно в течении года после наложения административного взыскания, влечет штраф на субъекты малого предпринимательства в размере десяти, на субъекты среднего предпринимательства – в размере двадцати, на субъекты крупного предпринимательства – в размере четырехсот месячных расчетных показателей.*

*- *Месячный расчетный показатель (МРП) устанавливается Законом – Закон Республики Казахстан «О республиканском бюджете» на соответствующий год. Согласно Закону «О республиканском бюджете на 2018-2020 годы» с 1 января 2021 года размер МРП составил 2 917 тенге.*

Таким образом, невыполнение требований по поддержанию нормативных значений коэффициента мощности в электрических сетях, влечет за собой значительные штрафы.

Технический аспект: Уровень потребления реактивной энергии должен превышать 5 кВАр (к Примеру такой уровень потребления реактивной энергии имеют 20-25 шт. ламп

типа ДРЛ с установленной мощностью 250 Вт каждая при косинусе 0,5). Ограничение обусловлено отсутствием на рынке конденсаторных батарей трёхфазной сети меньшей ёмкости, а также является нижним порогом рациональности применения данных мер. Установка УКРМ не должна приводить к чрезмерному повышению напряжения в часы низкой загрузки (должна быть проведена оценка риска повышения напряжения).

Экономический аспект: Главными факторами, определяющими величину эффекта снижения потерь электроэнергии за счет снижения передаваемой реактивной мощности по элементу электрической сети, являются активное сопротивление схемы замещения этого элемента и величина передаваемой реактивной мощности.

9.5.3 Установка и ввод в работу регулировочных трансформаторов

Регулировочные трансформаторы в основном применяются для регулирования напряжения или повышения пропускной способности и статистической устойчивости электропередачи (трансформаторы с продольно поперечным регулированием). Во всех случаях установка регулировочных трансформаторов не является прямым мероприятием по снижению потерь электрической энергии. Однако вследствие повышения напряжения в узлах сети и перераспределения потоков мощности в линиях происходит значительное снижение потерь.

Технический аспект: Поддержание нормального уровня напряжения у потребителей электроэнергии.

Экономический аспект: Достижение максимальной экономической эффективности работы. Экономические показатели работы предприятий в той или иной мере зависят от качества электроэнергии.

9.5.4 Внедрение симметрирующих устройств на трансформаторах напряжением 10кВ

В основном используются трансформаторы со схемой соединения обмоток «звезда-звезда-ноль» (У/Ун), эти трансформаторы в эксплуатации экономичны лишь при симметричной нагрузке, но во время пофазного нарушения потери электроэнергии в таких трансформаторах в разы возрастает. Искажение фазных напряжений из-за несимметричной нагрузки по фазам в реальных условиях эксплуатации нередко вызывает их отклонение на низковольтных вводах трансформаторов 10/0,4 кВ. Применение трансформаторов с симметрирующими устройствами, обеспечивает поддержание симметричности фазных напряжений в сетях с неравномерной пофазной нагрузкой. Сопротивление нулевой последовательности этих трансформаторов в среднем в три раза меньше, чем у трансформаторов с соответствующими параметрами без симметрирующего устройства со схемой соединения обмоток У/Ун-0. В этих трансформаторах не возникает перегрева токами нулевой последовательности при неравномерной нагрузке фаз и при суммарной мощности нагрузки, равной или ниже номинальной, что существенно сокращает потери электроэнергии. Симметрирующее устройство представляет собой катушку индуктивности, дополнительно подключенные к обмоткам трансформатора и соединенные в общую точку. Устраняя нулевое смещение, оно обеспечивает равномерность фазовых напряжений при несимметричной нагрузке, снижает шум работы трансформатора, улучшает синусоидальности кривой напряжения при наличии нелинейных приборов (люминесцентных ламп, сварочных аппаратов), а при коротком замыкании одной из фаз поддерживает напряжение на других в приемных границах.

Технический аспект: Снижение потерь и повышение качества электрической энергии.

Экономический аспект: Достижение максимальной экономической эффективности работы. Экономические показатели работы предприятий в той или иной мере зависят от качества электроэнергии.

9.5.5 Вывод одного из трансформаторов в резерв

Одним из способов уменьшения потерь х.х. стало отключение трансформаторов, если при этом электроснабжение потребителей осуществляется по другой схеме сети без преобладающего увеличения нагрузочных потерь. В частности, это происходит при отключении одного из двух работающих параллельно трансформаторов в режимах их малой загрузки.

При малой нагрузке трансформаторов потери х.х. превышают нагрузочные потери и, следовательно, для снижения потерь целесообразно отключать один из двух параллельно работающих трансформаторов.

Для оценки возможности применения данного мероприятия необходимо знать какие потери в данный момент связаны с работой в текущем режиме, и может ли оно повлиять на надёжность работы оборудования.

Технические аспекты: Отключение трансформатора не должно влиять на работу других потребителей, которые могут быть запитаны резервно от данной подстанции. Установленная мощность одного трансформатора должна превышать максимально-возможное потребление, фактическое. Подстанция должна быть оборудована всем необходимым коммутационным оборудованием, поддерживающим подобное решение.

Экономические аспекты: Данное мероприятие на примере отключения одного трансформатора принесет не значительную экономию, всего лишь несколько тыс. киловатт-часов в год, но даст ощутимый эффект при отключении трансформаторов на нескольких десятках ПС и в особенности для трансформаторов, имеющих повышенный уровень потерь х.х., которые прослужили несколько десятков лет.

9.5.6 Отключение трансформаторов на подстанциях с сезонной нагрузкой

Еще один способ снижения потерь х.х. является отключение трансформаторов у потребителей с сезонной нагрузкой, например, работающие только в летний период. Такими могут быть предприятия, производящие нерудные строительные материалы в виде щебня из плотных горных пород для строительных работ.

Технические аспекты: Отключение трансформатора не должно влиять на работу других потребителей, которые могут быть запитаны от этого трансформатора.

Экономические аспекты: Экономится объем электроэнергии, который потребил за период отключения с учетом потерь в линии, на которой подключен этот трансформатор. Нужно учесть, если линия питает только отключаемого потребителя, то потери от протекания тока х.х. трансформатора очень малы, однако если имеются другие нагрузки, то возможно появление величины потерь соизмеримых с потерями в трансформаторе. Обязательно нужно учитывать величины активных и реактивных потерь х.х. трансформатора.

9.5.7 Перевод на более высокое напряжение первичной обмотки

Для оценки возможности применения данного мероприятия необходимо знать какие потери в данный момент связаны с работой в текущем режиме, и может ли оно повлиять на надёжность работы оборудования.

Для ориентировочных расчетов воспользуемся следующей формулой:

$$K_{\text{напр}} = K_{\text{пот}} * K_z * N * \left(1 - \left(\frac{U_1}{U_2}\right)^2\right)$$

где $K_{\text{напр}}$ – коэффициент актуальности применения данного мероприятия для каждой подстанции, который зависит

от значений плотности тока по линиям электропередачи и практически всех других параметров работы подстанции.

U_1, U_2 – напряжение в питающей сети до перевода на более высокое напряжение и после перевода, соответственно;

$K_{\text{пот}}$ – удельные потери в сетях высокого напряжения.

Высокие значения данного коэффициента индицируют наличие нерациональных потерь по линиям электропередач и рентабельности мер по применению замены трансформаторов с 6/0,4 на 10/0,4 кВ – такие подстанции являются целевыми т.к. при замене данных трансформаторов не требуется замена опор, траверс, изоляторов и других токоведущих частей.

Например, при работе трансформаторной подстанции с установленной мощностью 100 кВт, работающей со средним коэффициентом загрузки 0,5, коэффициенте потерь подводящих линий 0,04, при переводе на напряжение 10 кВ (10/0,4) с 6 кВ (6/0,4) коэффициент актуальности применения мероприятия будет равен

$$\begin{aligned} K_{\text{напр}} &= K_{\text{пот}} * K_3 * N * \left(1 - \left(\frac{U_1}{U_2}\right)^2\right) \\ &= 0,04 * 0,5 * 100 * (1 - (6/10)^2) = 1,28 \text{ кВт} \end{aligned}$$

Технические аспекты: Данное мероприятие имеет наиболее высокие требования к его технической возможности и осуществимости и требует тщательной проработки всех возможных рисков.

1. На питающей линии должны отсутствовать потребители 6 кВ (насосы, экскаваторы и т.д.) чтобы не допустить их отключение от электроснабжения.
2. Все участки питающей линии (КЭЛ и ЛЭП) должны иметь соответствующий класс изоляции, особенно кабельные линии, в противоположном случае применение повышения напряжения недопустимо и влечёт за собой аварийный выход из строя.

Экономические аспекты: Питающая подстанция должна иметь в своём составе источник 10 кВ, при его отсутствии затраты превысят порог рентабельности его применения.

9.5.8 Замена трансформаторов / реконструкция подстанции

На многих участках электроснабжения используются трансформаторные подстанции и трансформаторы с большим сроком эксплуатации. При длительном использовании снижается их энергоэффективности и надёжность. Для оценки возможности применения данного мероприятия необходимо знать какие потери в данный момент связаны с работой в текущем режиме, и может ли оно повлиять на надёжность работы оборудования. В зависимости от загрузки трансформаторов производится подбор наиболее оптимального энергоэффективного трансформатора. Для оценки коэффициента актуальности замены трансформаторов и реконструкции подстанции можно воспользоваться следующей оценкой:

$$K_{\text{зам}} = (\Delta P_1 - \Delta P_2);$$

где

$K_{\text{зам}}$ – коэффициент актуальности применения данного мероприятия для каждой подстанции, который зависит от технического состояния трансформаторов и практически всех других параметров работы подстанции. Высокие значения данного коэффициента индицируют наличие нерациональных потерь в корпусах трансформаторов и являются признаком необходимости проведения мер по замене устаревших или находящихся в неудовлетворительном состоянии трансформаторов.

ΔP_1 – потери в трансформаторе после замены на энергоэффективный;

ΔP_2 – потери в установленном трансформаторе.

При наличии на балансе более 2-х объектов, для наглядности лучше внести все данные в таблицу, где будут видны

наиболее актуальные подстанции и/или трансформаторы для замены, т.к. комплексное внедрение мероприятия по замене не сможет обеспечить суммарную экономию, достаточную для окупаемости комплексных мер.

Например, на предприятии установлен трансформатор ТМ-100/6 работающий со средним коэффициентом загрузки 0,9. Трансформатор работает более 30 лет и имеет потери холостого $\Delta P_{xx} = 0,428$ кВт, и потери короткого замыкания $\Delta P_{кз} = 2,27$ кВт. Потери в трансформаторе будут равны

$$\Delta P_1 = \Delta P_{xx} + K_z^2 \cdot \Delta P_{кз} = 0,428 + 0,9^2 \cdot 2,27 = 2,27 \text{ кВт.}$$

Учитывая тот факт, что наиболее эффективный режим работы трансформатора обеспечивается при коэффициенте загрузки равном 0,4, примем к установке энергоэффективный трансформатор с мощностью 250 кВА. Трансформатор имеет потери холостого $\Delta P_{xx} = 0,360$ кВт, и потери короткого замыкания $\Delta P_{кз} = 2,75$ кВт. Потери активной электроэнергии в трансформаторе составят:

$$\Delta P_2 = \Delta P_{xx} + K_z^2 \cdot \Delta P_{кз} = 0,360 + 0,36^2 \cdot 2,75 = 0,72 \text{ кВт.}$$

Тогда коэффициент актуальности применения данного мероприятия будет равен

$$K_{\text{зам}} = (\Delta P_1 - \Delta P_2) = 2,27 - 0,72 = 1,55 \text{ кВт}$$

Технический аспект: Однозначное повышение энергоэффективности оборудования и снижение показателей потерь.

Экономический аспект: Главным требованием при реконструкции и замене оборудования является требование к применению высокоэффективных технологий, обеспечивающих снижение потерь подстанцией до уровня рентабельности.

Экономически не целесообразно проводить реконструкцию подстанций младше 10 лет эксплуатации.

9.6 Требования по энергоэффективности к электродвигателям

Наибольший потенциал энергосбережения для электродвигателей можно классифицировать по следующим направлениям:

1. Устаревшие электродвигатели;
2. Неисправные электродвигатели;
3. Недогруженные электродвигатели;
4. Часто перезапускаемые электродвигатели (только для узкого класса оборудования, не влияющего на основные технологические процессы) данные двигатели имеют высокий коэффициент дискретизации пусковых режимов двигателя.

Наибольший потенциал энергосбережения имеют те электродвигатели, которые подпадают под все приведённые выше критерии, соответственно обладают высоким потенциалом энергосбережения, а также низкой надёжностью и высокими затратами на эксплуатацию и обслуживание. В ходе проведения экспресс-аудита именно таким электродвигателям должно уделяться максимальное внимание.

Для предварительного анализа можно использовать данные опросного листа, заполненного заказчиком.

Электромеханические системы с электродвигателями (ЭД) являются крупнейшими потребителями электроэнергии в промышленном секторе. Переход к применению энергоэффективных ЭД позволяет: повысить коэффициент полезного действия (КПД) ЭД на 1-10 %; увеличить надёжность их работы; уменьшить время простоев и затраты на техническое обслуживание; повысить устойчивость ЭД к тепловым нагрузкам; улучшить перегрузочную способность; повысить устойчивость ЭД к различным нарушениям эксплуатационных условий: пониженному и повышенному напряжению, искажению формы волн (гармоникам), несбалансированности фаз и т.д.; увеличить коэффициент мощности; снизить уровень шума.

В результате оптимизации только КПД ЭД можно значительно снизить эксплуатационные расходы. Тщательная

оценка любого действия влияет на общую производительность системы.

Устаревшие электродвигатели/ с низким классом энергоэффективности

К устаревшим электродвигателям следует отнести электродвигатели с изначально низким значением КПД, подобные двигатели произведены при использовании устаревших технологий и обычно имеют год производства ранее 1980 г. Значения КПД для электродвигателей с низким значением КПД соответствуют классу EFF3 классификации эффективности Европейской комиссии от 1998 года, в настоящее время не рекомендованы к использованию ввиду их низкой экономичности. В процессе эксплуатации и ремонта происходит снижение эффективности работы электродвигателей по сравнению с паспортными значениями. Поэтому к электродвигателям разных возрастов следует применить поправочные коэффициенты в сторону снижения КПД: 5 - 10 лет -5%, свыше 10 лет до 20 лет – 10%. К электродвигателям, прошедшим капитальный ремонт, установить поправочные коэффициенты в сторону снижения КПД: 1-й ремонт – 5%, 2-й ремонт – 10%.

Энергоэффективные электродвигатели

Ниже приведены требования по КПД электродвигателей в соответствии с требованиями по энергоэффективности технологических процессов, оборудования, в том числе электрооборудования. Приказ Министра по инвестициям и развитию Республики Казахстан от 31 марта 2015 года № 407 «Об установлении требований по энергоэффективности технологических процессов, оборудования, в том числе электрооборудования».

Табл. 9.6-1 Усреднённые коэффициенты полезного действия
(для 2, 4 и 6 полюсного исполнения) электродвигателя, (%)

№ п/п	Номинальная мощность, киловатт	IE1-стандартный класс	IE2 – энергоэффектив- ный класс
1	0,75	72,1	79,6
2	1,1	75,0	81,4
3	1,5	77,2	84,3
4	2,2	79,7	85,5
5	3	81,5	84,6
6	4	83,1	86,6
7	5,5	84,7	86,7
8	7,5	86,0	88,7
9	11	87,6	89,8
10	15	88,7	90,6
11	18,5	89,3	91,2
12	22	89,9	91,6
13	30	90,7	92,3
14	37	91,2	92,7
15	45	91,7	93,1
16	55	92,1	93,5
17	75	92,7	94,0
18	90	93,0	94,2
19	110	93,3	94,5
20	132	93,5	94,7
21	160	93,8	94,9
22	От 200 до 375	94,0	95,1

*с 2020 года все устанавливаемые двигатели с номинальной мощностью от 0,75 до 375 киловатт, должны быть классом не ниже IE2.

Представленные усреднённые значения КПД соответствуют классам энергоэффективности международного стандарта IEC60034-30:2008 (основаны на методах испытаний, установленных стандартом IEC60034-2-1:2007).

Неисправные электродвигатели

К неисправным электродвигателям следует отнести моторы, механические потери которых превышают их номинальные значения, соответственно, приводят к нерациональным потерям электроэнергии.

Недогруженные электродвигатели

При недогрузке электродвигателя существенно снижается его КПД. Для недогруженных электродвигателей следует рассмотреть возможность замены на электродвигатели меньшей мощности или установку ЧРП. При эксплуатации стандартных двигателей и двигателей с пониженным КПД при низкой нагрузке не удастся обеспечить высокий КПД. Для энергоэффективного электродвигателя КПД указывается при 100 %-ной и 75 %-ной нагрузке, у энергоэффективного электродвигателя оба значения почти совпадают.

Часто перезапускаемые электродвигатели (только для узкого класса оборудования, не влияющего на основные технологические процессы)

Подобные двигатели имеют существенный расход электроэнергии на пусковые процессы, при которых совершаемую работу приходится тратить на инерционные характеристики приводных механизмов, кроме того, следует учесть, что при низких значениях оборотов двигателя он работает в областях с более низким значением КПД, которых следует избегать.

9.7 Наилучшие доступные мероприятия

Главная задача любой экспресс работы – это выявление основных моментов и их проработка, соответственно при об-

следовании необходимо выявить основные направления, по которым будет проводиться дальнейшая проработка, чтобы не тратить время на направления, которые в общем не дадут существенного снижения потребления ТЭР и финансовую эффективность.

После проведения определения параметров работы электродвигателей следует провести предварительный анализ применимости типовых мероприятий по энергоэффективности, перечень которых приведен далее.

Табл. 9.7-1 Перечень наилучших доступных технологий

№ п/п	Наименование технологии
1.	Установка устройств плавного пуска (для асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором)
2.	Установка ЧРП
3.	Замена двигателя

Далее, исходя из имеющейся проанализированной информации и уточнённых сведений по электродвигателям, производится анализ возможности и применимости всех мероприятий для каждого электродвигателя по приведённому далее способу комплексной оценки.

9.7.1 Установка устройств плавного пуска (для асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором)

Для оценки возможности применения данного мероприятия необходимо знать, какие потери в данный момент связаны с режимом работы, включающим частые перезапуски, и как быстро окупится подобное мероприятие.

Для этого воспользуемся следующей формулой:

$$K_{упп} = d_i * N * Q / \varphi,$$

где $K_{упп}$ – коэффициент актуальности применения устройств плавного пуска.

Например для электродвигателя мощностью 30 кВт, при коэффициенте загрузки двигателя 0,8 и значении $\varphi = 0,89$, при количестве пусков в течении часа $n_{\text{пуск}} = 5$ и значении $B = 90$ получим d_i равное 0,125. Коэффициент актуальности применения устройств плавного пуска тогда будет равен

$$K_{\text{УПП}} = d_i * N * Q / \varphi = 0,125 * 30 * 0,8 / 0,89 = 3,37 \text{ кВт.}$$

Циклическое управление является интересной альтернативой частотно-регулируемому приводу, несмотря на утрату гибкости при регулировании расхода. Другими словами, устройство плавного пуска считается подходящей и конкурентоспособной технологией, защищающей асинхронный электродвигатель от электрических перегрузок, механических ударов и вибрации при пуске, а также от гидравлических ударов в трубопроводной системе, возникающих при останове насоса.

Кроме того, электродвигатель эксплуатируется в оптимальной рабочей точке и выключается на остальное время. В системах водоснабжения и водоотведения, где электродвигатель работает значительное время на холостом ходу коэффициент актуальности применения устройств плавного пуска может быть оценен по выражению:

$$K_{\text{УПП}} = \tau_{\text{откл}} * N_{\text{хх}}$$

Например, в системе водоснабжения установлен электродвигатель мощностью 30 кВт, при отсутствии водопотребления мощность электродвигателя обеспечивающего работу насоса на холостом ходу не превышает 10 кВт, суммарное время работы на холостом ходу в течение часа 20 минут. Коэффициент актуальности применения устройства плавного пуска тогда будет равен:

$$K_{\text{УПП}} = \tau_{\text{откл}} * N_{\text{хх}} = 20/60 * 10 = 3,33 \text{ кВт}$$

Технический аспект: Самый важный аспект установки УПП - качество исполнения. Для исключения нерационального расхода электроэнергии УПП должны обладать встроенными шунтирующими (байпасными) контактами. На протяжении всего цикла разгона уровень тока должен поддерживаться на минимальном уровне во всех трех фазах. Устройством должно обеспечиваться непрерывное напряжение, позволяя избежать пиковых токов и моментов, снижая общую нагрузку на сеть, сохраняется ресурс всего задействованного оборудования.

Экономический аспект: Снижение затрат.

9.7.2 Установка ЧРП

Установить объём сокращения потребления электроэнергии при использовании ЧРП определить крайне сложно т.к. изменение момента на валу двигателя в зависимости от частоты вращения приводного вала для каждого типа оборудования будут сильно отличаться. Однако для всех асинхронных двигателей существует следующая закономерность – снижение частоты кубически снижает потребляемую мощность (изменение частоты = изменение мощности). При этом производительность машин может изменяться по различным законам и принципам, но в целом будет изменяться кратно изменению частоты вращения (изменение частоты = изменение производительности). Следовательно, если рассматриваемый двигатель приводит в движение рабочий орган какой-то машины, которая в результате проведения измерений или наблюдений постоянно меняет свою потребляемую мощность (изменяется производительность) то для такой установки будет актуально использование изменение частоты вращения, т.к. без использования ЧРП изменение момента на валу будет изменяться линейно потребляемой мощности (изменение производительности = изменение потребляемой мощности).

Для оценки возможности применения данного мероприятия необходимо знать какие потери в данный момент связаны с режимом работы, включающим частые перезапуски, и/или низкую загрузку двигателя, а также размах изменения потребляемой мощности и как быстро окупится подобное мероприятие.

Технический аспект: Для двигателей без соответствующей маркировки о применимости частотного регулирования в случае снижения рабочей частоты ниже 30 Гц применение ЧРП невозможно т.к. это может повлечь преждевременный износ подшипников, кроме того работа электродвигателей на пониженной частоте приводит к повышенному тепловыделению и повышению температуры обмоток, что резко сократит срок службы электродвигателей с низким классом изоляции обмоток. Кроме того, у ряда приводных нагнетателей и двигателей (компрессоров, мощных вентиляторов и отдельных типов насосов) продолжительная работа в определенных диапазонах частот приводит к появлению интенсивных вибраций и последующему полному или частичному разрушению агрегата.

Экономический аспект: Снижение потребления электроэнергии и как следствие снижение оплаты за нее.

9.7.3 Замена двигателя

Есть две причины для замены двигателей, что приведет к пассивному энергосбережению:

- 1) Использование преимуществ современных высокоэффективных двигателей.
- 2) Недопущение превышения достаточной мощности двигателя.

В зависимости от мощности, коэффициент полезного действия современных высокоэффективных двигателей выше, чем у обычных на 1-10 %. Двигатели, работающие достаточно много, должны стать первыми в очередь на замену более современными, тем более, если требуется перемотка. Пе-

ремонтные двигатели, как правило, теряют 3-4 % КПД по сравнению с изначальным значением. Однако, если двигатель работает достаточно мало (менее 3000 часов в год), его замена может быть экономически нецелесообразна, особенно, если он еще не выработал свой ресурс и ему не требуется перемотка. Также при замене двигателя важно убедиться, что рабочие характеристики (такие как скорость вращения) нового двигателя соответствуют характеристикам заменяемого.

Электродвигатели достигают наивысшего КПД, если они нагружены на 60-100 % от максимально возможной мощности. При работе с нагрузкой менее 50 % КПД электродвигателя резко падает.

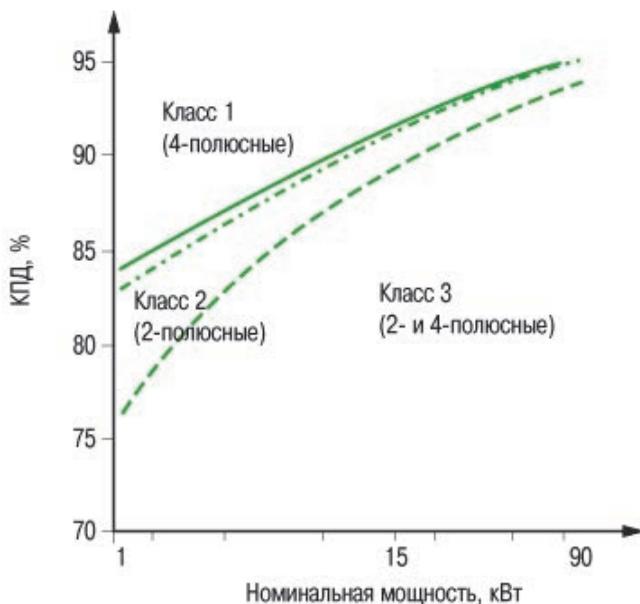


Рис. 9.7.3-1 Определение класса КПД для электродвигателей низкого напряжения, установленного Европейской комиссией и Европейским комитетом производителей электроустановок и силовой электроники (CEMEP)

Так принято, что конструкторы обычно завышают необходимые параметры двигателей для обеспечения достаточного запаса прочности, чтобы устранить риск отказа оборудования при любых, даже маловероятных, условиях. Изучение указанной проблемы показало, что примерно в трети случаев применения электродвигателей, их характеристики значительно превышают необходимые и, как результат, эти двигатели работают с нагрузкой менее 50 % от номинальной. Средняя нагрузка на двигатели – 60 %. Двигатели с избыточной мощностью не только неэффективны в процессе эксплуатации, но и стоят значительно дороже. Работа электродвигателя с мощностью, значительно меньше номинальной, также приводит к снижению коэффициента мощности, что может привести к дополнительным материальным затратам на оплату электроэнергии. Решение о замене двигателя должно учитывать приведенные выше факторы, не забывая о сроке эксплуатации мотора.

Для достижения максимального энергосбережения необходимо объединить приведенные доводы и производить замену двигателей современными высокоэффективными электродвигателями с правильно выбранной мощностью.

Замена незагруженного электродвигателя другим, меньшей мощности, должна быть рентабельной, т.е. способствовать уменьшению суммарных потерь активной мощности в энергосистеме (в ЭД и электросетях). При нагрузке ЭД в пределах 45-70 % номинальной мощности, их замена должна быть подтверждена уменьшением суммарных потерь.

Технический аспект: Замена старых двигателей с повышенным коэффициентом полезного действия положительно влияет на производительности оборудования. Снижается количество простоев оборудования из-за выхода из строя старых двигателей.

Экономический аспект: Снижение объема затрат на ремонт и восстановление двигателей. Снижение потребления электроэнергии и как следствие снижение оплаты за нее.

9.7.4 Новая технология по защите металлоконструкций²⁸

Коррозия термодинамически неизбежна, однако именно термодинамика подсказывает наиболее эффективный способ борьбы с коррозией: катодную протекторную защиту. При таком способе защиты реакция разрушения железа становится термодинамически невозможной и, следовательно, коррозия полностью прекращается. Остальные способы менее эффективны: ингибиторы лишь замедляют процесс, барьерные покрытия склонны к локальной и подпленочной коррозии.

Источником катодной протекторной защиты может быть, как внешний ток, так и ток гальванического элемента, возникающего при контакте железа с некоторыми активными металлами, в частности с цинком. Цинкование можно осуществлять разными способами: горячим, гальваническим, термомодифузионным и т. д. Однако ряд ограничений для каждого из методов не позволяет защитить все без исключения объекты. Для решения такой задачи самым оптимальным является метод цинкирования. Цинкирование — процесс покрытия металла (железа или стали) слоем цинка для защиты от коррозии путём нанесения цинкирующего состава (состава класса Zinker). При этом, надо понимать, что наличие цинкового порошка в органическом лаке с растворителем ещё не делает эту смесь составом класса Zinker.

Свойства цинкерного покрытия:

- образует стабильную субдисперсионную Zn-Fe зону на поверхности металла;
- обладает свойством межслойной диффузии;
- сохраняет функцию поверхностной самоконсервации и самовосстановления в течение всего срока службы;
- отличается достаточной стойкостью к абразивному воздействию;
- межзатомное расстояние в цинкерном слое аналогично межзатомному расстоянию в слое цинка, нанесённого с помощью процесса погружения в ванну;

²⁸ Журнал «Добывающая промышленность» №2 2021 года.
https://dprom.online/series/dp2021_2/

- наносится даже зимой при температуре от $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- UV-стабильно, имеет благородный серый цвет.

Цинкирование, в отличие от цинконаполненных ЛКМ (холодного цинкования) не требует перекрытия финишными слоями, благодаря уникальному запатентованному полимеру, который обеспечивает катодную защиту цинка на протяжении всего срока службы.

Применяется как самостоятельное покрытие по аналогии с горячим цинкованием, однако, при необходимости может использоваться как грунт под различные ЛКМ и огнезащитные материалы. Не разрушается под действием УФ-излучения. Цинкирование в отличие от горячего цинкования, применяют для защиты крупногабаритных, полых, тонкостенных, сваренных внахлест изделий. Такое покрытие обладает протекторным действием, характерным для других видов цинкования, может использоваться как самостоятельное покрытие не требует перекрытия финишными слоями. Тонкоплёночное покрытие эффективно защищает чёрные металлы от коррозии, обладает высокими защитными свойствами, высокой адгезией к металлическим поверхностям.

Цинкирующий состав предназначен для антикоррозионной защиты наружных и внутренних поверхностей промышленного оборудования и металлических конструкций.

Покрытие обеспечивает одновременно активную (катодную) и пассивную (барьерную) защиту от коррозии.

Цинкирующий состав Zinker® можно применять в таких областях, как промышленное и гражданское строительство, транспортное строительство, нефтегазовый комплекс, энергетика, объекты железных дорог и метрополитена, портовые и гидросооружения, автотранспорт.

9.8 Экономические аспекты реализации наилучших доступных технологий при осуществлении хозяйственной и/или иной деятельности

На отдельном этапе необходимо собрать информацию о дополнительных доходах и выгодах, которые могут возник-

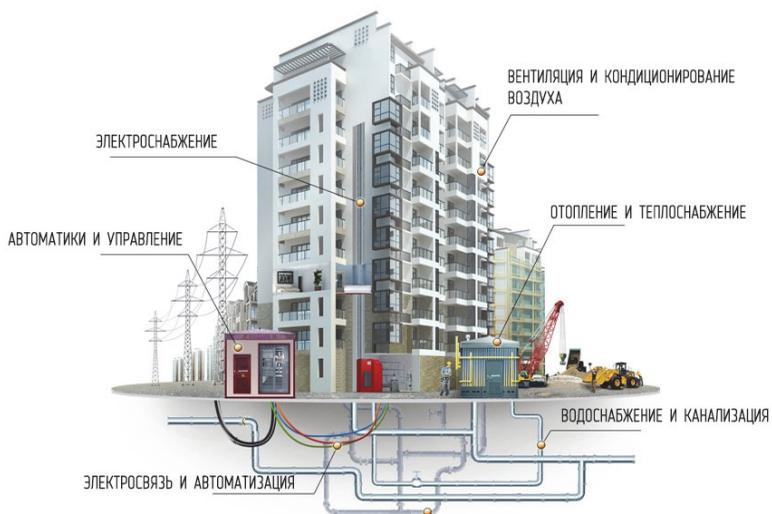
нуть при внедрении новых технологий. Если рассматриваемые альтернативные варианты могут привести к получению доходов и выгод неэкологического характера или к экономии определенных затрат, то они должны быть указаны отдельно от инвестиционных и эксплуатационных затрат. К таким доходам относят: доходы от продажи, предотвращенные издержки, последующие выгоды.

Доходы от продажи могут быть продажа отходов или продажа дополнительно произведенной энергии.

Предотвращенные издержки возникают при экономии сырья, основных и вспомогательных материалов, экономия трудовых затрат, экономия на мониторинг выбросов (сбросов), сокращение выбросов (сбросов), снижение платы за выбросы (сбросы), сокращение косвенных затрат на восстановление качества компонентов окружающей среды, сокращение косвенных затрат на восстановление здоровья населения и связанных с этих потерь производства.

Последующие выгоды после внедрения новой технологии может привести к изменениям в процессе производства. Данные изменения в свою очередь могут привести к снижению затрат на производство продукции или к повышению качества результатов. Полученные выгоды оценить достаточно сложно. Насколько это возможно, необходимо ясно идентифицировать их и включить в данные о доходах.

Самый явный способ сравнить затраты на реализацию мероприятия и извлекаемые выгоды состоит в представлении в денежной форме и сравнении их методом анализа затрат и выгод. Если сравнение показывает, что выгоды перевешивают затраты, то это означает, что мероприятие достойно инвестиций. Если различные альтернативные мероприятия дают положительные результаты, то мероприятием с самым высоким результатом считается такое, которое дает самое лучшее соотношение «цена-качество». Однако такой анализ требует большого количества данных, и некоторые выгоды сложно представить в денежной форме.



Здания, строения и сооружения

10. Анализ НТД при эксплуатации зданий, строений и сооружений

Нормативная база по проектированию и строительству зданий в Казахстане развивалась в соответствии с потребностью общества и международных стандартов. Нормы по тепловой защите зданий (по строительной теплотехнике) существуют с 1921 г., и они претерпели за это время десятки редакций, связанных с изменением технического уровня строительства в СССР, а затем и непосредственно в Республике Казахстан. До конца 80-х годов основное внимание в СССР уделялось стоимости строительства, т. е. минимизации капитальных затрат, и нисколько не учитывались эксплуатационные затраты, поскольку устанавливаемые государством цены на топливо были низкими, и наиболее распространенное в городах централизованное теплоснабжение обеспечивало теплом здания практически бесплатно. Плановая экономика, существовавшая в то время, требовала, чтобы нормативная база отвечала вопросам гигиены, безопасности и экономии стройматериалов. На нужды отопления в бывшем Советском Союзе уходило около одной трети из всего добываемого в стране топлива, или около 250 млн т в угольном эквиваленте.

Положение резко изменилось в результате перехода страны к рыночной экономике в начале 90-х годов и значительного роста цен на топливо внутри страны. В это время было осознано, что страна в значительной мере расточительно расходует свои энергетические ресурсы на поддержание требуемого микроклимата в зданиях и что доля эксплуатационных расходов, на отопление зданий относительно велика. В связи с этим в стране было принято ряд законодательных актов, Распоряжение Первого заместителя Премьер-министра Республики Казахстан от 21 марта 1995 г. N 7-11-р «О Программе неотложных мер по энергосбережению в Республике Казахстан», в том числе Закон Республики Казахстан от 25 декабря 1997 года № 210-І «Об энергосбережении». В последующем принималось все больше нормативной и технической документации в этом направлении, постоянно в них вносятся изменения и дополнения.

Повышение энергоэффективности экономики приобрело в последние годы статус национального стратегического приоритета в Казахстане, что нашло свое отражение в Посланиях и Обращениях Первого Президента Казахстана и Елбасы. Вопросы энергоэффективности входят в полномочия различных государственных структур, в частности, Комитет по делам строительства и жилищно-коммунального хозяйства Министерства индустрии и инфраструктурного развития Республики Казахстан, является уполномоченным органом в сферах архитектуры, градостроительства и строительства, а Комитет индустриального развития Министерства индустрии и инфраструктурного развития Республики Казахстан, уполномоченный орган в сфере энергосбережения и энергоэффективности.

На сегодняшний день, основным документом по энергоэффективности является Закон Республики Казахстан от 13 января 2012 года № 541-IV «Об энергосбережении и повышении энергоэффективности». В части обеспечения энергоэффективности зданий Законом впервые введено понятие «термомодернизация» как мероприятие по улучшению теплотехнических характеристик здания, приводящих к снижению в них потерь тепловой энергии. Также в этом законе, согласно статье 11, обеспечивается энергоэффективность зданий, строений, сооружений при проектировании и строительстве. Определено понятие «класс энергоэффективности здания», введена компетенция проектировщиков по разработке раздела «Энергоэффективность» и по установлению класса энергоэффективности зданий и по соблюдению требований по энергосбережению и повышению энергоэффективности, предъявляемых к проектным (проектно-сметным) документам зданий. Требуемый класс энергоэффективности указывается в задании заказчика на разработку проекта строительства (реконструкции, капитального ремонта) и указывается в техническом паспорте построенного и введенного в эксплуатацию объекта при регистрации прав на недвижимое имущество после ввода, завершеного строительством (реконструкцией, капитальным ремонтом) объекта в эксплуатацию.

Кроме того, Законом определены компетенции и обязательства государственных уполномоченных органов в области энергосбережения и повышения энергоэффективности. Так уполномоченный государственный орган по делам архитектуры, градостроительства и строительства должен обеспечить соблюдение требований по энергосбережению и повышению энергоэффективности в архитектурно-строительной и иной предпроектной и (или) проектной (проектно-сметной) документации, разрабатываемой и утверждаемой в целях реконструкции, строительства зданий.

Класс энергоэффективности существующих зданий, строений, сооружений и его пересмотр устанавливается в порядке, определяемом уполномоченным органом, по итогам проведения энергоаудита и указывается в техническом паспорте здания, строения, сооружения. Заключение энергоаудита прилагается к техническому паспорту зданий, строений, сооружений. Маркировка существующих зданий, строений, сооружений по энергоэффективности устанавливается по итогам проведения энергоаудита и указывается в заключении энергоаудита.

Также важным требованием выше указанного Закона является то, что в проектах многоквартирных жилых домов должно быть предусмотрено обязательное использование энергосберегающих материалов, установка общедомовых приборов учета тепловой энергии и воды, поквартирных приборов учета электрической энергии, холодной и горячей воды, газа, а также приборов-регуляторов в отопительных системах, автоматизированных систем регулирования теплотребления.

В Казахстане приняты строительные нормы СН РК 2.04-04-2011 «Тепловая защита зданий», определяющие требования по энергоэффективности к проектированию новых зданий.

Также дополнительно приняты Приказы Министра по инвестициям и развитию Республики Казахстан, определяющие порядок реализации вышеуказанного Закона в части энергоэффективности зданий:

- Приказ Министра по инвестициям и развитию Республики Казахстан от 31 марта 2015 года № 406 «Об установлении требований по энергоэффективности зданий, строений, сооружений и их элементов, являющихся частью ограждающих конструкций».
- Приказ Министра по инвестициям и развитию Республики Казахстан от 31 марта 2015 года № 401 «Об установлении требований по энергоэффективности строительных материалов, изделий и конструкций».
- Приказ Министра по инвестициям и развитию Республики Казахстан от 31 марта 2015 года № 399 «Об утверждении Правил определения и пересмотра классов энергоэффективности зданий, строений, сооружений».

10.1 Наилучшие доступные технологии при эксплуатации зданий, строений и сооружений

По экспертным оценкам около 70 % зданий имеют теплотехнические характеристики, не отвечающие современным требованиям, из-за чего они теряют через ограждающие конструкции до 30 % тепловой энергии, потребляемой для отопления. Проблемой, существенно влияющей на высокое теплopotребление в жилом секторе, является ветшание жилищного фонда. Собственники квартир по различным причинам не осуществляют накопление денежных средств на капитальный ремонт жилья и, таким образом, эксплуатирующие организации имеют возможность в лучшем случае поддержания текущего состояния жилья. Предотвращение дальнейшего разрушения зданий и их сохранение должны стать первоочередными мерами в модернизации жилищного фонда. Время требует новых подходов для решения вопросов эксплуатации жилья, совершенствования жилищных отношений и жилищного законодательства, отвечающих современным реалиям и рыночным отношениям. Касательно потребления тепловой энергии зданиями с других секторов

Организации бюджетной сферы потребляют около 5 % вырабатываемой в стране электроэнергии и около 15 % тепловой энергии.

Таким образом, бюджетная сфера является крупным потребителем энергоносителей. Социальная значимость бюджетной сферы и ее недостаточное финансирование остро ставит проблему рационального потребления энергоносителей, их учета и экономии.

Основными показателем, по которому можно сравнивать эффективность использования энергоносителей для организаций бюджетной сферы является удельное энергопотребление на 1 м^2 в год ($\text{кВт} \cdot \text{ч} / \text{м}^2 \cdot \text{год}$).

Проведенные обследования показывают, что в различных бюджетных организациях удельное энергопотребление даже для организаций одинаковой структуры имеет большой разброс и превышает нормативы.

Основными причинами завышенных расходов энергоносителей в бюджетных организациях являются:

- слабый контроль руководства за расходом энергоносителей и воды;
- отсутствие энергетических паспортов;
- отсутствие автоматического регулирования систем освещения и неправильный выбор типов осветительных приборов и источников света;
- отсутствие автоматизации регулирования систем отопления, горячего водоснабжения и вентиляции;
- большие теплопотери через ограждающие конструкции и окна.

Важнейшими направлениями в области снижения потерь тепловой энергии в зданиях различного назначения являются увеличение термического сопротивления ограждающих конструкций зданий, ежегодная гидро- и гидروпневмопромывка систем теплоснабжения, установка систем автоматизированного регулирования теплового потока, температуры воздуха и вентиляции с рекуперацией тепла, что позволит снизить не только расход тепловой энергии, но и как следствие, первич-

ного энергоресурса топлива для источников теплоснабжения и одновременно приведет к снижению выбросов в окружающую среду. Установка приборов учета позволит контролировать расход тепловой энергии.

Проведение энергетического обследования зданий учреждений образования, разработка энергетических балансов по видам энергоносителей – топлива, тепловой и электрической энергии позволит проанализировать эффективность использования расхода топливно-энергетических ресурсов и дать экономически обоснованные рекомендации. По результатам проведенных энергоаудитов и экспресс-аудитов определятся направления и варианты снижения расхода топливно-энергетических ресурсов.

Руководству рекомендуется систематизировать работу с персоналом учреждения и обслуживающим персоналом путем разработки и внесения изменений в инструкции, положения, регламенты, премирования с учетом проведения энерго-сберегающей политики.

Существует ряд общих рекомендаций по энергосбережению в зданиях различного назначения, к которым относятся:

- назначение ответственных за контролем расходов энергоносителей и проведения мероприятий по энергосбережению;
- направление персонала, ответственного за эксплуатацию здания и оборудования, на повышение квалификации в области энергосбережения;
- совершенствование порядка работы организации и оптимизация работы систем освещения, водоснабжения, теплоснабжения и вентиляции с учетом специфики работы учреждений;
- составление инструкций и/или руководств по эксплуатации, управлению и обслуживанию систем электро-, тепло- и водоснабжения и периодический контроль со стороны руководства учреждений за их выполнением;

- соблюдение правил эксплуатации и обслуживания систем энергоиспользования и отдельных энергоустановок, введение графиков включения и отключения систем освещения, тепловых завес и т.д.;
- содержание водоразборной арматуры в технически исправном состоянии;
- ведение разъяснительной работы с сотрудниками по вопросам энергосбережения (путем организации собраний, вывешиванием информационных плакатов на тему энергосбережения и т.д.);
- стимулирование персонала с целью повышения энергоэффективности учреждения;
- регулярное проведение энергомониторинга потребления энергоресурсов с целью оценки эффективности внедренных мероприятий, позволит достичь результатов и оперативно выявлять нерациональное расходование энергоресурсов.

Кроме этого, необходимо дополнить, а в случае отсутствия разработать:

- инструкцию по действиям персонала при обнаружении утечек, протечек воды из систем тепловодоснабжения с целью своевременного их устранения;
- руководств по эксплуатации и обслуживанию офисной и оргтехники с точки зрения экономии электрической энергии (включение только при необходимости, выключение во время перерывов, длительного отсутствия, настройка «спящего» режима и т.д.).

На сегодняшний день самые наилучшие доступные технологии при эксплуатации зданий, строений и сооружений на территории Казахстана представлены в Табл. 10.1-1Табл. 8.2-1.

Табл. 10.1-1 Перечень наилучших доступных технологий

№ п/п	Наименование технологии
1.	Восстановление керамзитного слоя чердачных помещений
2.	Замена старых деревянных окон на энергосберегающие пластиковые окна
3.	Применение низкоэмиссионных пленок на окнах объектов, отапливаемых центральным отоплением
4.	Установка теплоотражающих экранов на стенах за приборами отопления на объектах, отапливаемых центральным отоплением
5.	Установка общедомового прибора учета тепла
6.	Установка автоматизированного теплового пункта (АТП) с погодозависимым регулированием
7.	Установка бесконтактных или термостатических смесителей в местах общего пользования
8.	Установка дополнительных тамбуров при входных дверях подъездов и в домах
9.	Устройство воздушных завес
10.	Система отопления помещений с применением электрических и газовых инфракрасных излучателей
11.	Использование в системе приточно-вытяжной вентиляции рекуператорной установки
12.	Оптимизация работы компьютеров и оргтехники в не рабочее время

10.1.1 Восстановление керамзитного слоя чердачных помещений

Предлагается утепление чердачных перекрытий жилых и зданий бюджетной сферы для снижения тепловых потерь.

При проведении обследований чердачных помещений часто встречается частичное отсутствие слоя насыпи керамзитного гравия. В среднем толщина керамзитного слоя должна составлять 200-250 мм. Текущее состояние и отсутствие насыпного слоя оценивается в 50 % от требуемого уровня.

Керамзит - пористый, сравнительно легкий строительный материал, получаемый в результате обжига легкоплавких пород, состоящих из глины и способных к быстрому

вспучиванию при температуре от 1050 до 1300 градусов Цельсия в течение 30-40 минут. Интересно, что глиняный кирпич, при пережоге которого осадочные породы глины вспучиваются, автоматически становится бракованным продуктом. Именно это свойство глины, связанное с газовыделением и переходом в пиропластическое состояние, и положено в основу производства керамзита. Основное отличие керамзита от других близких стройматериалов - это именно использование глины, в качестве базового материала.

Его абсолютная звуконепроницаемость играет огромное значение при строительстве жилых домов. Наряду с легкостью, он – прочный, долговечный и экологически чистый материал. Кроме того, не поддается воздействию грибка, плесени, агрессивных веществ. Также керамзит не восприимчив к влаге и колебаниям температур. Кроме того, керамзит применяется при укладке дорог (для придания дренажных свойств грунту), обустройстве газонов и придомовых территории (по той же причине).

Керамзит – это инертный материал, качество которого определяет размер зерен и объемный насыпной вес. Керамзит подразделяют на керамзитовый гравий, керамзитовый щебень и керамзитовый песок. Пористость такого материала, как керамзит, также может иметь различную структуру, от чего будут зависеть его теплоизоляционные свойства, например, чем пористей керамзит, тем выше эти показатели. На качество керамзита существенное влияние оказывают следующие показатели:

- размер зерен;
- прочность;
- объемный вес;
- насыпная плотность.

Качественный керамзит отличает показатель теплопроводности в 0,07 - 0,16 Вт/м, который помогает сохранить до 80 % теряемого тепла.

Для утепления чердачных перекрытий рекомендуется использовать качественный керамзитовый гравий с диаметром гранул от 5 до 40 мм с укладкой по слою.

Технический аспект: Теплоизоляция чердачных перекрытий выполняет энергосберегающие функции, существенно снижая показатели теплопотерь утепленного здания и способствует поддержанию комфортного микроклимата в основных его помещениях.

Экономический аспект: Снижение тепловых потерь, влияют на снижение объема потребления тепловой энергии и как следствие уменьшение объемов затрат на тепловую энергию и энергоресурса. Примерный срок окупаемости составляет 5 лет.

10.1.2 Замена старых деревянных окон на энергосберегающие пластиковые окна

В мероприятии предлагается установка энергосберегающих пластиковых окон с однокамерным или двухкамерным стеклопакетом, в зависимости от климатических условий рассматриваемого объекта, вместо старых деревянных находящихся в неудовлетворительном состоянии. Установка которых позволит повысить приведённое сопротивление теплопередачи и соответственно уменьшить тепловые потери через оконные проемы.

В настоящее время в подъездах и лестничных клетках объекта установлены деревянные оконные блоки, имеющие значительный срок эксплуатации и неудовлетворительное физическое состояние, что приводит к значительным потерям тепловой энергии.

Современные стеклопакеты с улучшенными теплоизолирующими свойствами позволяют минимизировать потери тепловой энергии через окна, они имеют более высокое термическое сопротивление по сравнению с деревянными окнами и снижают инфильтрацию холодного воздуха в помещения.

Экономический эффект будет достигаться за счёт снижения потерь тепловой энергии через оконные конструкции в связи с улучшением теплотехнических характеристик.

Технический аспект: Улучшенные теплоизолирующие свойствами окон.

Экономический аспект: Экономия достигается за счет снижения тепловых потерь, а также уменьшение расходов по тепловой энергии. Примерный срок окупаемости составляет 10-15 лет.

10.1.3 Применение низкоэмиссионных пленок на окнах объектов, отапливаемых центральным отоплением

С целью повышения эффективности использования тепловой энергии в зданиях и уменьшения тепловых потерь через оконные блоки, рекомендуется применение низкоэмиссионных энергосберегающих оконных пленок. Применение данного энергосберегающего мероприятия имеет ряд преимуществ по сравнению, например, с мероприятием по замене окон на энергосберегающие, а именно:

- Не требует больших капитальных затрат, возникающих при замене окон, поскольку пленка наклеивается на окно изнутри помещения.
- Исключаются дополнительные затраты на транспортировку, монтаж.
- Пленка является солнцезащитной пленкой селективного типа, т.е. пропускает видимый свет и отражает инфракрасное излучение, в том числе и тепловое.
- Удерживание стекла в раме в случае разбивания или взрыва, уменьшая тем самым вероятность человеческих жертв и защищая имущество.

Поскольку покрытием пропускается лишь электромагнитное излучение видимого диапазона, для всех остальных каналов (оптического, акустического, радиочастотного и электронно-оптического) пленка является фильтром.

Данное мероприятие реализуется собственными силами, требуется только наклеить на окна специальную прозрачную пленку толщиной 35–50 микрон с нанесенным на неё специальным теплоотражающим покрытием. Тип покрытия и его

толщина определяют интенсивность пропускания видимого света и отражение инфракрасного теплового излучения.

Прозрачные слои диэлектрика обеспечивают защиту металлического слоя от окисления, а также выполняют просветляющие функции.

В результате установки лишь одной пленки не просто отсекаются очень большие потери тепла из-за излучения, но также уменьшается конвекция.

Это в совокупности позволяет увеличить сопротивление оконной конструкции теплопередачи на 50%. Незначительный вес и нормативная светопрозрачность в целом дополняют технические характеристики этой технологии.

Селективное качество приобретено благодаря низкоэмиссионному покрытию пленки, отражающему тепловые лучи в сторону их излучателя (зимой – в сторону помещений, летом – в сторону улицы), что значительно снижает расходы на отопление зимой и на кондиционирование летом. Другими словами, покрытие оставляет тепло там, где его больше. Чем ниже эмиссионная способность стекла, тем выше его энергоберегающие свойства.

Технический аспект: Увеличение сопротивления теплопередачи оконной конструкции на 50%.

Экономический аспект: Экономия достигается за счет уменьшения тепловых потерь через оконные блоки и приводит к снижению оплаты за тепловую энергию. Примерный срок окупаемости 2 года.

10.1.4 Установка теплоотражающих экранов на стенах за приборами отопления на объектах, отапливаемых центральным отоплением

В целях экономии тепловой энергии предлагается установка за радиаторами отопления в здании теплоотражающих экранов. Данное мероприятие применимо для различных производственных и бытовых помещений.

Теплоотражающие экраны используются для повышения эффективности нагревающих элементов – батареи, радиато-

ры, конвекторы, рефлекторы и пр. Металлизированная сторона теплоотражающего экрана обращена к нагревательному прибору, отражая тепло в виде теплового излучения к помещению, тем самым увеличивая КПД нагревателя.

В большинстве случаев, отопительные приборы монтируются под окнами, с целью компенсировать распространение холодного воздуха от наружных стен. Такое расположение нагревателей приводит к тому, что радиатор греет как само помещение, так и холодную стену. Причем, в результате конвекции воздушных потоков за радиатором, создается парадоксальное обстоятельство – на теплообмен с внешней средой (прогрев стены и улицы за ней) энергии, в процентном отношении, расходуется больше, чем на обогрев внутреннего помещения. Применение теплоотражающего экрана за батареей позволяет ощутимо снизить потери теплоты до 10 % (согласно «Энергосберегающих мероприятий в системах отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха», утвержденных приказом Председателя Комитета государственного энергетического надзора Министерства индустрии и новых технологий Республики Казахстан от «24» ноября 2010 года №126-П).

Кроме отражения теплоты, металлизированный отражающий экран за радиатором выполняет функцию пароизоляции, предохраняя наружную стену и утеплитель в ней от проникновения в них паров воды. Насыщенные влагой стены сильно теряют свои теплоизолирующие качества.

Особенно эффективен отражающий экран за радиатором не просто из фольги, а комплексный материал на основе, к примеру, вспененного полиэтилена с металлизированной отражающей поверхностью типа, слой из вспененного полиэтилена, в котором имеет толщину от 2 до 5 мм. Одна из его сторон дублирована металлизированной лавсановой плёнкой, эффективно отражающей тепловой поток обратно внутрь помещения.

Технический аспект: Повышение эффективности нагревающих элементов системы отопления.

Экономический аспект: Экономия достигается за счет уменьшения тепловых потерь через стены за радиатором и

приводит к снижению оплаты за тепловую энергию. Примерный срок окупаемости 2 года.

10.1.5 Установка общедомового прибора учета тепла

Данное мероприятие предполагает установку общедомового прибора учета потребления тепла на объекте.

Из-за отсутствия прибора учета тепла, расчет потребленного тепла домом ведется расчетно-нормативным путем, выполненным теплоснабжающей организацией на основании требований нормативно-технических документов.

Узел учета потребления тепла - комплекс приборов и устройств, обеспечивающих учет тепловой энергии, массы (объема) теплоносителя, а также контроль и регистрацию его параметров. Конструктивно узел учета представляет собой набор "модулей", которые врезаются в трубопроводы. В узел учета тепла входят: вычислитель, преобразователи расхода, температуры, приборы индикации температуры и давления, а также запорная арматура.

Установка прибора учета направлена, к переходу на оплату за фактическую величину потребленного ресурса, определяемого по показаниям прибора учета.

Экономический эффект будет достигаться за счет уменьшения теплопотребления объекта и фиксации фактических значений, а также из-за удешевления стоимости Гкал тепла за счет установки вышеуказанного прибора.

Технический аспект: Налаживание системы учета тепловой энергии, массы (объема) теплоносителя, а также контроль и регистрацию его параметров.

Экономический аспект: Экономия достигается за счет перехода на оплату за фактическую величину потребленного ресурса, определяемого по показаниям прибора учета. Примерный срок окупаемости составляет 3-5 лет.

10.1.6 Установка автоматизированного теплового пункта (АТП) с погодозависимым регулированием

В данном мероприятии предлагается установка автоматизированной системы погодозависимого регулирования температуры подачи теплоносителя, что позволит оптимизировать потребление тепловой энергии и обеспечить регулирование системы теплоснабжения здания в зависимости от погодных условий.

Погодозависимое регулирование на базе контролера позволяет производить регулирование температуры теплоносителя по температуре наружного воздуха, что приводит к значительному снижению потребления тепловой энергии.

Расчет снижения потребления представлен ниже.

Для оценки экономии учитываем уменьшение внутренней температуры здания за счет устранения перетопа нежилых помещений, при сбалансированном внутреннем распределении теплоносителя.

Технический аспект: Поддержание комфортной температуры внутреннего воздуха в соответствии с нормативными требованиями.

Экономический аспект: Экономия достигается за счет снижения перетоков помещений, потребления тепловой энергии. Примерный срок окупаемости составляет 5-7 лет.

10.1.7 Установка бесконтактных или термостатических смесителей в местах общего пользования

В зданиях в местах общего пользования используются вентильные и однорычажные смесители. Такие смесители позволяют включать, выключать и регулировать напор водяной струи, одновременно регулируя ее температуру, но расход воды, при их использовании не эффективен. Регулирование и настройка необходимой температуры воды и давления струи, затруднено, что приводит к нерациональному использованию воды.

Для более экономного использования холодной и горячей воды предлагается в местах общего пользования заменить вентильные и однорычажные смесители умывальников, на новые термостатические или сенсорные смесители. Принцип работы термостатического смесителя заключается в наличии термостатического картриджа, который регулирует подачу воды автоматически. Как только температура или давление потока меняется, мгновенно меняется соотношение горячей и холодной воды - и температурное равновесие восстанавливается. В сенсорных смесителях включение воды производится автоматически после поднесения рук к сенсору и автоматически выключает подачу воды после того как убрали руки от сенсора. Одним из преимуществ сенсорного смесителя является высокий уровень соблюдения гигиены, вам не придется поворачивать краны для открытия и закрытия воды.

Технический аспект: Автоматическое регулирование подачи воды и более рациональное ее использование.

Экономический аспект: Экономия достигается за счет снижения потребления воды. Примерный срок окупаемости составляет 3 года.

10.1.8 Установка дополнительных тамбуров при входных дверях подъездов и в домах

Одним из способов повышения энергоэффективности зданий с точки зрения снижения потерь тепла является технология утепления и герметизации (уплотнения) входных дверей в здания. Теплопотери через входные двери могут составлять около 5–15 % от суммарных тепловых потерь здания.

Установка второй двери, создав тем самым теплоизолирующий тамбур (секционирование входа в здание) позволяет снизить теплопотери через наружные двери.

Технический аспект: Повышение энергоэффективности здания.

Экономический аспект: Экономия достигается за счет снижения потерь тепла из помещений, понижение потребления тепловой энергии. Примерный срок окупаемости составляет 5 лет.

10.1.9 Устройство воздушных завес

Воздушные завесы устанавливают при входе, у открытых проемов в общественных и промышленных зданиях и сооружениях, цехах, торговых центрах, магазинах, в многоэтажных жилых зданиях при часто открывающихся входных дверях или со значительными по площади воротами. Мероприятие направлено на снижение затрат теплоты на нагрев воздуха, поступающего через входы, въезды и проемы.

Применяют комбинированные воздушно-тепловые завесы с тамбуром и без него, а забор воздуха осуществляется из помещения или снаружи. Воздушная завеса состоит из двух, симметрично расположенных пар, вертикальных воздухораспределительных стояков, установленных внутри помещения. Внутренняя пара стояков, расположенная ближе к помещению, подает подогретый (до 60 °С) в калориферах воздух, а наружная пара стояков подает не подогретый воздух, забираемый из помещения. При закрытых воротах наружная пара стояков отключается, а внутренняя завеса работает в режиме отопления. При открывании ворот к работе подключается и наружная пара стояков.

Энергосбережение достигается за счет снижения потребности в теплоте на нагрев приточного воздуха и затрат электроэнергии на его перемещение.

Технический аспект: Защита дверных проемов от атмосферных изменений, активное струйное противодействие затеканию наружного воздуха.

Экономический аспект: Экономия достигается за счет снижения затрат теплоты на нагрев воздуха, поступающего через входы, въезды и проемы. Примерный срок окупаемости составляет 2 года в зависимости от стоимости выбранного оборудования.

10.1.10 Система отопления помещений с применением электрических и газовых инфракрасных излучателей

Система предназначена для обогрева постоянных и временных рабочих мест производственных и вспомогательных помещений; помещений и конструкций на открытых и полуоткрытых площадках в процессе строительства зданий и сооружений; систем снеготаяния, на кровлях зданий и сооружений. Отопительными приборами служат горелки инфракрасного излучения. В горелке используется газ низкого давления с предварительным смешением газа и воздуха, а температура излучающей поверхности достигает примерно 850 °С. При такой температуре около 60 % теплоты, выделяющейся при сгорании газа, передается излучением в виде инфракрасных (тепловых) лучей.

Одно из достоинств инфракрасных обогревателей это возможность размещения на потолке, стенах или на алюминиевой телескопической стойке. Потолочное размещение позволяет экономить пространство в помещении и предотвращает возможность случайного ожога. Экономический эффект при этом складывается за счет повышения эффективности передачи теплоты, за счет замены процесса конвекции на процесс излучения. Также за счет регулирования внутренней температуры воздуха в зависимости от наружной температуры воздуха, с возможностью понижения внутренней температуры в ночное время суток и в нерабочие дни.

Технический аспект: При использовании инфракрасных обогревателей в разных зонах одного помещения могут поддерживаться различные температуры.

Экономический аспект: Снижение достигается за счет уменьшения отапливаемого объема помещения, отсутствия перегрева верхней зоны помещения, малой тепловой инерции. Оценочный срок окупаемости составляет 2-3 года.

10.1.11 Использование в системе приточно-вытяжной вентиляции рекуператорной установки

В настоящее время во многих зданиях для поддержания температурного режима поменяются приточно-вытяжные установки. Необходимо при рассмотрении установки обращать внимание на содержание влажности в подаваемом в помещения воздухе, он может быть очень сухим и содержание процента влажности в помещениях не будет отвечать требованиям 40-60%.

Обычно установки снабжены автоматикой регулирования теплоносителя, а также возможностью рециркуляции воздуха, но часто в комплектации установок отсутствуют системы пароувлажнения и рекуперации воздуха, двигатели вентиляторов не снабжены частотным регулированием. При такой комплектации обычно предлагается полная замена приточно-вытяжного оборудования на новое с усовершенствованной системой автоматического управления, рекуперацией и увлажнением, электродвигатели со встроенных частотным регулятором.

Мы знаем, что наличие увлажнителя поддерживает требуемые показатели влажности воздуха в помещениях, а двигатель с ЧРП, работает более эффективно, но в чем же польза пластинчатых рекуператоров.

Данный тип рекуператора основывается на одном и более пластинчатых теплообменниках. Пластинчатый теплообменник воздух – воздух имеет следующие преимущества:

- позволяет рекуперировать тепловую энергию, не нарушая санитарные требования по чистоте воздуха;
- не требует промежуточного теплоносителя;
- не требует дополнительного оборудования для создания напора, если он был изначально заложен в проект;
- отсутствуют вращающиеся элементы, что увеличивает срок службы;
- большая площадь теплопереноса позволяет получать КПД рекуперации от 52 % до 89 %.

Кроме того, рекуператор можно устанавливать в существующую систему приточно-вытяжной вентиляции.

Технический аспект: Данное мероприятие способствует при полноценной нагрузке электродвигателей вентиляторов поднять показатель КПД оборудования.

Экономический аспект: Снижение достигается за счет уменьшения потребления энергоресурсов с минимальными капитальными затратами. Оценочный срок окупаемости составляет 3 года.

10.1.12 Оптимизация работы компьютеров и оргтехники в нерабочее время

Предлагается переводить компьютеры в спящий режим в нерабочее время.

Часто встречается, что компьютеры находятся в работе 24 часа в сутки, т. е. не уходят в спящий режим или гибернацию. Гибернация — энергосберегающий режим операционной системы компьютера, позволяющий сохранять содержимое оперативной памяти на энергонезависимое устройство хранения данных перед выключением питания. В отличие от ждущего режима, при использовании гибернации подача электроэнергии полностью прекращается.

Фактически, большая часть компьютеров используется только в дневное время. Постоянная работа компьютеров приводит не только к увеличению потребления электроэнергии, но и к частому выходу из строя кулеров, что приводит к сокращению периодов работы между обслуживанием.

Для изменения настроек компьютеров необходимо внести изменения в регламент настройки компьютеров компании.

Технический аспект: Повышение срока службы компьютера.

Экономический аспект: Небольшое снижение потребления электроэнергии. Данное мероприятие является беззатратным и выполняется собственными силами.

10.1.13 Термомодернизация ограждающих конструкций зданий

Утепление ограждающих конструкций зданий позволяет устранить мостики холода в конструкции и снизить объем потребления тепловой энергии на отопление.

Наружные стены эксплуатируемых зданий в основном выполнены из кирпичной кладки или из железобетонных трехслойных стеновых панелей, перекрытие подвалов или полы первого этажа выполнены из железобетонных пустотных плит перекрытия. На основе теплотехнических расчетов часто выявляется, что тепловая защита зданий не соответствует нормативным требованиям СН РК. Собственнику для достижения существенной экономии энергоресурсов необходимо провести комплексную реконструкцию утепления ограждающих конструкций.

Теплоизоляцию наружных ограждающих конструкций (фасадов), полов первого этажа или потолка подвалов можно осуществить с помощью различных теплоизоляционных материалов, типа каменных или минераловатных плит с толщиной теплоизоляции не менее 50 мм, в отдельных случаях допускается применять плиты из пенополистирола с толщиной не менее 30 мм. С применением таких материалов на стенах появились понятия мокрый и вентилируемый фасады.

С точки зрения теплофизики наиболее эффективно применять теплоизоляцию снаружи, так как в этом случае несущая конструкция стены находится всегда в зоне положительных температур и оптимальной влажности. Теплоизоляцию пола согласно пожарной безопасности лучше проводить внутри помещения и разместить утеплитель под бетонную стяжку.

Технический аспект: Термомодернизация выполняет энергосберегающие функции, существенно снижая показатели теплотеря утепленного здания и способствует поддержанию комфортного микроклимата в основных его помещениях.

Экономический аспект: Снижение тепловых потерь, влияют на снижение объема потребления тепловой энергии и

как следствие уменьшение объемов затрат на тепловую энергию и энергоресурса. Примерный срок окупаемости составляет от 10 до 25 лет.

10.2 Экономические аспекты реализации наилучших доступных технологий при эксплуатации зданий, строений и сооружений

Реализация наилучших доступных технологий косвенно касается всех причастных к созданию и эксплуатации зданий, строений и сооружений. Для проектировщиков эта возможность учета дополнительных факторов и использования новых технологий при проектировании. Тем самым обеспечивается большая гибкость при проектировании по сравнению с прежним предписывающим подходом, существенно ограничивавшим творческую свободу при проектировании. В проекте зданий, строений и сооружений могут быть в большей степени использованы новые архитектурные формы, новые энергоэффективные строительные технологии и эффективные материалы, новое инженерное оборудование, положительно влияющее на эффективное использование энергии, что в последствии приведет к снижению затрат на реконструкцию и термомодернизации объектов.

Для руководителей строительных компаний и производителей строительных материалов это показатель на установление критериев на развитие эффективных строительных технологий, материалов и пересмотр деятельности строительной индустрии в целом.

Для собственников имущества и эксплуатирующих организации применение наилучших технологий стимулируют на эффективное и рациональное использование энергоресурсов во вновь возведенных и реконструируемых зданиях. Эффективное использование энергоресурсов означает снижение денежных затрат, сбережение невозобновляемых энергоресурсов, значит улучшение окружающей среды за счет снижения выбросов в атмосферу вредных веществ.



Транспорт

11. Анализ НТД при эксплуатации транспорта

Согласно общему классификатору видов экономической деятельности Республики Казахстан от 01 января 2009 года, транспортная отрасль Республики Казахстан состоит из следующих компонентов:

1. Сухопутный транспорт и транспортирование по трубопроводам:
 - транспортировка грузов и пассажирские перевозки на автомобилях;
 - транспортировка грузов и пассажирские перевозки по железной дороге;
 - транспортировка грузов по трубопроводам.
2. Водный транспорт:
 - грузовые перевозки и пассажирские перевозки на морском и прибрежном транспорте;
 - грузовые перевозки и пассажирские перевозки на речном транспорте.
3. Воздушный транспорт:
 - грузовые перевозки и пассажирские по воздуху;
 - грузовые перевозки и пассажирские в космическом пространстве.
4. Складское хозяйство и вспомогательная транспортная деятельность:
 - складирование и хранение груза;
 - вспомогательные виды деятельности при транспортировке (погрузочно-разгрузочные работы до или после транспортировки, или между транспортными сегментами, эксплуатация и техобслуживание всех транспортных средств).
5. Почтовая и курьерская деятельность:
 - почтовые услуги в соответствии с обязательствами по предоставлению услуг в зоне всеобщего охвата;
 - прочая почтовая и курьерская деятельность.

Транспортному комплексу республики, представленному железнодорожным, автомобильным, внутренним водным, воздушным, трубопроводным видами транспорта, автомобильными и железными дорогами, судоходными путями, от-

водится важнейшая роль в осуществлении межхозяйственных и межгосударственных связей.

По состоянию на 1 января 2020 г. транспортная сеть общего пользования Казахстана состояла из 16,1 тыс. км железных дорог; 95,6 тыс. км автомобильных дорог; 4,1 тыс. км внутренних водных судоходных путей; 201,2 км троллейбусных, трамвайных и метрополитенных путей; 23,4 тыс. км магистральных трубопроводов.

В транспортной системе Казахстана железнодорожному транспорту принадлежит ведущая роль. Большие расстояния транспортировки, сравнительно дешевые тарифы на перевозки пассажиров и грузов делают железнодорожный транспорт наиболее востребованным со стороны пользователей.

В развитии рыночной инфраструктуры, расширении внутренней и внешней торговли важную роль играет автомобильный транспорт.

По состоянию на 1 января 2020 г. автомобильный парк республики насчитывает 461,8 тыс. грузовых автомобилей, 86,6 тыс. автобусов, 3776,9 тыс. легковых автомобилей.

Внутренний водный транспорт занимает небольшой удельный вес в общих объемах работы транспорта республики. За 2019г. судоходным транспортом перевезено 1319,3 тыс. тонн грузов, по сравнению с 2018г. произошло увеличение на 11,6%.

Также значимым направлением являются авиагрузопассажирские перевозки и трубопроводный транспорт, который в Казахстане представлен нефтепроводами и газопроводами.

Транспортный сектор относится к числу наиболее энергоемких отраслей экономики РК. Причем, специфика энергопотребления на транспорте такова, что основная часть потребностей отрасли удовлетворяется за счет невозобновляемых ресурсов, в первую очередь за счет нефтепродуктов. В гораздо меньшей степени потребности отрасли покрываются за счет газа и незначительной части электроэнергии.

Стоит отметить, что выбросы парниковых газов (ПГ), тесно связаны с количеством и качеством потребляемого топлива, в транспортном секторе. К 2007 году выбросы ПГ достигли уровня примерно 1990 года. С тех пор наблюдались

взлеты и падения, а в период с 2014-2017 годах, наблюдалась заметная тенденция к росту объема выбросов.

Согласно реализации проекта Дорожная карта, обновлённых определяемых на национальном уровне вкладов (ОНУВ) на 2021-2025 годы, наибольший вклад в выбросы ПГ от транспортного комплекса страны вносит автотранспорт, доля которого выросла за 1990-2018 гг. с 67,2% до 83,7%. На втором месте по вкладу – следует железнодорожный транспорт, доля которого снизилась с 24,3% до 6,2%. Внутренняя авиация не играет на сегодняшний день значительной роли в выбросах Казахстана. (Источник: Национальный кадастр выбросов, 2019 г.)

Ведущая роль автомобильного транспорта в сжигании топлива в значительной степени обусловлена относительно высоким уровнем автомобилизации населения в стране, в то время как доля старых и устаревших транспортных средств велика. С другой стороны, системы общественного транспорта недостаточно развиты даже в крупных городах. Казахстан имеет одну из самых низких плотностей дорожных сетей (см. Рис. 5 129) среди государств Центральной Азии (19,4 км на 100 км²), что в первую очередь обусловлено обширной территорией страны в условиях низкой плотностью населения – в среднем чуть более 6 человек на км².

Стоит отметить, что с конца 2013 года запущен проект «Один пояс – один путь» (ОПОП), который предусматривает создание глобальной транспортно-логистической инфраструктуры в десятках стран мира, при этом Казахстан рассматривается как «зелёный» коридор Шелкового пути, а Переход транспорта на электромобили Европы и Китая является предвестником экспортно-импортный потенциала, и предпосылки привлечения инвестиций в Казахстан.

В целом, в транспортной отрасли РК наблюдается следующее:

- Доля транспортной отрасли в ВВП РК увеличивается;
- Объемы грузоперевозок автомобильным транспортом имеет тренд роста;

- Пассажиropеpевозки автобусным транспортом увеличивается;
- В стране реализуются масштабные железнодорожные проекты, направленные на повышение конкурентоспособности данной отрасли;
- Воздушный вид транспорта укрепляет свою роль в транспортной отрасли Казахстана;
- Внутренний водный транспорт показал за анализируемый период сокращение объемов перевозки грузов и грузооборота;
- Грузоперевозки трубопроводным транспортом в последние годы демонстрируют динамику снижения;
- Морской и речной транспорт демонстрирует разностороннюю динамику, в то же время в стране реализуется ряд инфраструктурных проектов, между членами Евразийского экономического союза подписано соглашение о судоходстве, которые могут придать новый импульс развития отрасли.

На расход топлива влияют следующие основные факторы:

- характеристики самого автомобиля: несомненно, они являются одним из важнейших факторов, определяющих расход топлива (к этим характеристикам относятся, в частности, производитель и модель, спецификации автомобиля, его возраст и состояние, особенности эксплуатации, используемое оборудование и материалы, например, смазочные, аэродинамические свойства и т.д.);
- качество вождения: считается, что оно является фактором, в наибольшей степени влияющим на расход топлива. Работа с водителями, которая начинается с этапа подбора и найма персонала, затем продолжает осуществляться по таким направлениям, как обучение, поддержание мотивации и вовлечение в деятельность по повышению энергоэффективности;
- перевозимый груз: важным фактором в этом контексте является общий вес автомобиля с грузом, который

может меняться в ходе поездки по мере доставки грузов различным получателям;

- тарирование груза: оптимизация размера, формы и размещения в кузове тары с перевозимыми грузами;
- погодные условия: их влияние следует учитывать, сравнивая данные о расходе топлива, собранные в различных условиях. Особенно большое влияние могут оказывать такие явления, как сильный ветер, дождь, снег, гололед и т.д.;
- тип дороги: на узких извилистых дорогах расход топлива выше, чем на прямых автострадах с хорошим покрытием. Медленная езда по извилистой дороге в холмистой местности приводит к значительному увеличению расхода топлива даже у самых эффективных автомобилей;
- характеристики топлива. Два основных свойства топлива, значимые в данном контексте – теплота сгорания (зависящая от плотности топлива) и легкость воспламенения.

Для локомотивов на расход топлива влияют следующие основные факторы:

- выбор рациональных режимов управления движением поездов с учётом их масс и длин, плана и профиля пути, условий пропуска поездопотока, тяговых и тормозных характеристик локомотивов, данных о сопротивлении движению вагонов;
- масса поездов должна соответствовать номинальным мощностям электровозов и тепловозов, при которых реализуется их работа с наилучшим для каждого типа локомотивов КПД;
- в оптимальном соответствии эксплуатируемого локомотивного парка объёмам перевозочного процесса; при избыточности локомотивного парка нарушается условие оптимальной загрузки локомотивов и возникает повышение удельного расхода ТЭР на тягу поездов;

- загрузка вагонов должна производиться по массовым нормам, соответствующим их номинальной грузоподъемности;
- повышение допустимых осевых нагрузок вагонов, позволяющих увеличить их грузоподъемность;
- наличие порожнего пробега локомотивов и их «горячего» простоя в ожидании поездной работы и в зимний период;
- использование грузовых локомотивов в пассажирских перевозках;
- применении вагонных тележек с улучшенными характеристиками взаимодействия с путевой конструкцией, обеспечивающих снижение сопротивления движению поезда, а, следовательно, и снижению расхода энергии на его перемещение.

Можно выделить пять основных элементов мониторинга эффективности использования топлива:

1. Регулярное измерение расхода топлива: как правило, это подразумевает ведение регулярных (например, еженедельных) записей о расходе топлива каждого транспортного средства.
2. Соотнесение затрат с полезным результатом: как правило, для этой цели используется отношение пробега транспортного средства к расходу топлива (выражаемое, например, в км/л), но этот показатель может уточняться при помощи поправочных коэффициентов, вводимых для учета различных факторов. Другие используемые показатели включают, например, расход топлива на тонно-километр (т.е. расход топлива на перевозку одной тонны полезного груза на расстояние, равное одному километру).
3. Определение существующего уровня результативности: анализ данных по расходу топлива для транспорта одного типа, осуществляющих перевозки сходного типа, за период времени, обеспечивающий репрезен-

тативность результата. В итоге получается примерный уровень расхода топлива для каждого типа транспортного средства. Следует отметить, что эта величина не является уровнем «эффективного» потребления, но отражает существующее положение дел.

4. Доведение данных до сведения ответственных лиц: данные по расходу топлива должны регулярно доводиться до сведения лиц, способных тем или иным образом повлиять на эффективность использования топлива. Как правило, к таким лицам относятся водители, машинисты электропоезда или локомотива, инженеры, а также менеджеры среднего и высшего звена.
5. Принятие мер по сокращению расхода топлива: нередко систематический анализ использования топлива сам по себе приводит к возникновению идей по снижению его расхода. Сопоставление уровней расхода топлива для различных транспортных средств с большой вероятностью выявит значительные различия и даже, возможно, некоторые аномалии. Исследование причин этих различий и аномалий способно пролить свет на то, какие подходы к эксплуатации приводят к высокому или низкому расходу топлива. Это, в свою очередь, позволит выделить наилучшие практические подходы, заслуживающие распространения, и неэффективные методы эксплуатации, которые должны быть исключены.

Подобное совершенствование практики эксплуатации и технического обслуживания транспортных средств во многих случаях ведет к снижению расхода топлива даже без принятия каких-либо технических мер.

Историческая информация по расходу топлива чрезвычайно полезна при планировании, реализации и оценке мер по энергосбережению. Исходные данные о расходах топлива для каждого автомобиля, а также записи о техническом обслуживании должны храниться на протяжении всего срока его службы.

11.1 Наилучшие доступные технологии при эксплуатации транспорта

Наилучшие доступные технологии — наиболее эффективная и передовая стадия в развитии производственной деятельности и методов эксплуатации объектов, которые указывают на практическую пригодность определенных технологий в целях создания основы для определения предельных величин выбросов, предназначенных для предотвращения или, если оно практически невозможно, сокращения выбросов и воздействия на окружающую среду в целом.²⁹

Только при совокупном учете экологических, экономических и социальных факторов, а также практической доступности технология может быть признана наилучшей доступной технологией.

На сегодняшний день самые наилучшие доступные технологии при эксплуатации транспорта на территории Казахстана представлены в Табл. 11.1-1 Табл. 8.2-1.

Табл. 11.1-1 Перечень наилучших доступных технологий

№ п/п	Наименование технологии
1.	Улучшение упаковки с целью оптимизации использования транспорта
2.	Оптимизация транспортной логистики
3.	Оптимизация маршрутов движения транспортных средств
4.	Установка системы ГЛОНАСС/GPS
5.	Установка газобаллонного оборудования
6.	Строительство теплых боксов и помещений для транспорта и локомотивов
7.	Установка автоматизированной системы электропрогрева локомотивов
8.	Эффективность работы эскалаторного хозяйства метрополитена
9.	Автоматизация электрооборудования главного проветривания
10.	Использование энергии рекуперации в метрополитене

²⁹ Council Directive 96/61/EC of 24 September 1996 concerning integrated pollution prevention and control.

№ п/п	Наименование технологии
11.	Энергосбережение в режиме рекуперативного торможения электропоезда
12.	Обточка колёсных пар и шлифования рельсов
13.	Замена аккумуляторных батарей
14.	Пескосушильные установки
15.	Реостатные испытания тепловозов
16.	Оптимизация расписаний движения поездов
17.	Повышение коэффициента участковой скорости
18.	Снижение количества неграфиковых остановок грузовых поездов
19.	Меры по снижению доли порожнего пробега грузовых вагонов и одиночного следования локомотивов
20.	Повышение среднего веса грузовых поездов, в том числе за счет увеличения доли тяжеловесных грузовых поездов
21.	Применение на электровозах рекуперации энергии торможения и подтормаживания на спусках
22.	Компенсации реактивной мощности на электровозах

11.1.1 Улучшение упаковки с целью оптимизации использования транспорта

Для доставки продукции компании используют грузоперевозки различными видами транспорта. Незначительное внимание обращают производители продукции на размеры упаковки продукции. Что приводит к неэффективному использованию объема заполняемого кузова, контейнера или вагона.

Упакованная продукцию на дальние перевозки обычно укладывают на паллеты в один уровень, что может составлять половину общей высоты кузова, контейнера или вагона. Таким образом, степень заполнения может составлять всего 50-70 % от всего полезного объема.

Для эффективного использования топлива при транспортировке грузов, необходимо учитывать габаритные размеры упаковки и общий вес продукции. В результате чего, можно сократить количество рейсов, что приведет к снижению объ-

емов потребления энергоресурса и как следствие экономия затрат на приобретение этих энергоресурсов.

Технический аспект: Рациональное использование всего объема.

Экономический аспект: Снижение достигается за счет уменьшения расхода топлива при уменьшении количества рейсов и без капитальных затрат.

11.1.2 Оптимизация транспортной логистики

Грамотно организованная система перевозок позволяет сократить расходы на содержание автопарка, а также минимизировать риски задержек и порчи груза. Именно для этого необходимо постоянно оптимизировать систему транспортной логистики, тем самым уменьшать затраты без потери качества перевозки.

Оптимизация транспорта необходима при неконтролируемом росте издержек, а именно:

- Затрат на погрузку и разгрузку;
- Затрат на доставку в конечную точку и промежуточные пункты;
- Топливных затрат и затрат на эксплуатацию ТС;
- Оплаты труда водителям, механикам и пр.

Таким образом, при росте этих показателей при сохранении объёма и скорости перевозки необходимо проанализировать текущую логистическую стратегию и определить причины и возможные риски увеличения затрат. Как правило, анализу подвергаются следующие этапы:

- Способ перемещения груза и выбор транспортного средства;
- Маршруты перевозок и схема расположения складов компании;
- Выбор логистических посредников (при необходимости).

По итогам анализа специалистами составляется список рекомендаций, нацеленных на рост эффективности управления транспортом и перевозками.

При оптимизации транспортных процессов внимание уделяется трём направлениям:

- Выбор оптимальных способов перевозки. Правильный выбор транспортного средства, основанный на задачах и типе груза, позволяет значительно сократить издержки. Так, например, в пределах одного населённого пункта лучше перевозить груз малогабаритными моделями.
- Выбор маршрута. Распределение промежуточных точек, выбор трассы, использование платных автомагистралей и прочие детали позволяют увеличить качество перевозки, а именно её скорость и объём.
- Анализ необходимости собственного автопарка. Для владельцев крупного бизнеса обычно более выгодно иметь собственный транспорт, а не пользоваться услугами логистических компаний.

После проработки этих направлений создаются и утверждаются рекомендации, которые позволят сократить издержки и повысить качество перевозки.

Технический аспект: Своевременная доставка грузов в короткие сроки.

Экономический аспект: Снижение достигается за счет уменьшения расхода топлива при уменьшении количества рейсов и без капитальных затрат.

11.1.3 Оптимизация маршрутов движения транспортных средств

Анализ транспортной схемы районов эксплуатации автотранспорта и её характеристик, определяющих скорость преодоления отдельных участков, учёт временных окон и характеристик используемых транспортных средств позволяет определить стоимость километра пути и в результате выполнить оптимизацию маршрутов движения транспорта для выполнения различных задач (перевозка грузов, людей).

Решение задачи по оптимизации маршрутов движения транспортных средств в крупных населённых пунктах позволяет сократить расход топлива от 2 до 10 %.

Технический аспект: Сокращение времени нахождения в пути, снижение простоев на светофорах, разгрузка основных транспортных артерий.

Экономический аспект: Снижение достигается за счет уменьшения расхода топлива и без капитальных затрат.

11.1.4 Установка системы ГЛОНАСС/GPS

Предлагается установить систему мониторинга учета топлива ГЛОНАСС/GPS на выбранные транспортные средства. Система ГЛОНАСС/GPS мониторинга транспорта представляет из себя комплекс, состоящий из: аппаратной части (бортовой контроллер), серверного ПО и клиентской программы обработки данных, полученных от приборов контроля транспорта.

Установленный на транспортном средстве бортовой контроллер с помощью ГЛОНАСС/GPS приемника получает данные геопозиционирования со спутника. Затем при помощи GSM сигнала данные местоположения и показания дополнительно подключенных датчиков поступают на сервер. Клиентская программа, подключаясь к серверу, забирает данные по прибору, анализирует и обрабатывает их в соответствии с произведёнными настройками.

Система спутникового мониторинга транспорта online позволяет:

- получить информацию о местоположении транспортного средства, направлении движения, скорости и пройденном пути;
- просматривать информацию по пройденным маршрутам за любой выбранный период на карте;
- формировать отчёты о прохождении контрольных точек, сводный отчёт, список рейсов;

- выстраивать графики скорости движения, расхода топлива и уровня топлива за конкретный период времени;
- контролировать включение/выключение зажигания;
- получать информацию от дополнительных датчиков, установленных на транспортном средстве (открытие/закрытие дверей, наличие водителя и т.д.);
- хранить информацию во внутренней памяти бортового контроллера при отсутствии GSM сигнала;
- хранить данные ровно столько, сколько позволяет объем жёсткого диска компьютера.

Ожидаемый результат работы системы:

- исключение нецелевых поездок, приписок;
- повышение дисциплины водителей;
- возможность анализа маршрута;
- снижение общего потребления ГСМ;
- контроль времени остановок, соблюдение графика движения;
- контроль скоростного режима.

В целом система проста в пользовании и информативна. Рекомендуется установка данной системы для предприятий, где важен критерий прозрачности, точности и эффективности использования транспорта. Совокупный экономический эффект от внедрения позволит в кратчайшие сроки окупить капитальные затраты и получить дополнительную прибыль.

Технический аспект: Оптимизация графика скорости движения, расхода топлива и уровня топлива, контроль скоростного режима.

Экономический аспект: Снижение достигается за счет уменьшения расхода топлива. Оценочный срок окупаемости составляет 3 года.

11.1.5 Установка газобаллонного оборудования

На любой автомобиль с бензиновым двигателем возможна установка газобаллонного оборудования (ГБО). Она

заключается в дополнительной комплектации автомобиля баллоном, магистральным трубопроводом, электронным блоком управления (компьютер газовой системы) и еще несколькими элементами.

Экономия: на топливе, масле, свечах. В отличие от бензина, газообразное топливо не смывает масло со стенок цилиндров, что значительно экономит масло. Смесь сгорает практически полностью, не образуя нагара на свечах зажигания, клапанах, поршнях – а это также экономия на ремонте двигателя и его составляющих.

Комфорт. Газ отличается высоким октановым числом (95 – 120), легко смешивается с воздухом и равномерно заполняет цилиндры однородной смесью, поэтому двигатель работает тише, ровнее и мягче.

Противоугонные возможности. Если на инжекторный автомобиль установлено газовое оборудование ГБО 4 поколения, можно заблокировать подачу топлива на случай несанкционированного пуска двигателя, отсоединив легко съемный коммутатор.

Альтернатива. ГБО устанавливается параллельно основной бензиновой системе и никак не влияет на ее работу, можно пользоваться одной или другой системой по необходимости.

Экология. Это весомый аргумент для тех, кто, используя экологически чистое топливо – газ – считает важным не вредить нашей и без того загрязненной планете.

Технический аспект: Оптимизация графика скорости движения, расхода топлива и уровня топлива, контроль скоростного режима.

Экономический аспект: Снижение достигается за счет уменьшения расхода топлива. Оценочный срок окупаемости составляет 3 года.

11.1.6 Строительство теплых боксов и помещений для транспорта и локомотивов

В данном мероприятии предлагается строительство теплых боксов и помещений для транспорта и локомотивов, в связи с не рациональным использованием дизельного топлива при простоях в горячем состоянии, чтобы снизить время зимнего прогрева транспорта и не разморозить дизельные локомотивы, которые могут длиться от одного часа до нескольких суток.

Строительство теплых боксов и помещений позволит значительно снизить потребление топливно-энергетических ресурсов при простоях в зимний период при минусовой температуре на улице, путем нахождения транспорта или локомотива в теплом помещении, который будет обогреваться с помощью электрического воздушного калорифера или инфракрасных обогревателей.

Технический аспект: Сокращение работы механизмов транспорта, увеличение межповерочных сроков проведения ППР согласно отработанных моточасов.

Экономический аспект: Снижение достигается за счет уменьшения расхода топлива во время простоя. Оценочный срок окупаемости составляет 5 лет.

НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

11.1.7 Установка автоматизированной системы электропрогрева локомотивов

В данном мероприятии предлагается установка автоматизированной системы электропрогрева локомотивов, в связи с не рациональным использованием дизельного топлива при простоях в горячем состоянии, чтобы не разморозить локомотив, которые могут длиться от одного часа до нескольких суток.

Установка автоматизированной системы электропрогрева локомотива позволит значительно снизить потребление топливно-энергетических ресурсов при простоях локомотивов в зимний период при минусовой температуре на улице, путем обогрева локомотива за счет электронагревателя.

Комплексная автоматизированная система прогрева тепловоза (КАСПТ), предназначена для прогрева и поддержания в течение длительного времени предпусковых температурных условий дизелей маневровых и магистральных тепловозов путем обеспечения установленной температуры охлаждающей жидкости, масла, топлива, воздуха в кабине машиниста и аккумуляторном отсеке.

Система работает в автоматическом режиме за счет электроэнергии, то есть система держит температуру воды, масла локомотива в определенных параметрах. Система работает за счет аккумуляторных батарей, в стационарном режиме на станции или в депо, где есть постоянный источник электроэнергии полностью за счет электроэнергии.

Данная система также рассчитана на случай, если локомотив простаивает в поле и нет источников электроэнергии, тогда она работает по принципу: за счет батарей система поддерживает температуру не менее 10 часов, затем система за счет дизеля заряжает аккумуляторы, и снова переходит на них.

Технический аспект: Эффективность работы топливной системы.

Экономический аспект: Снижение достигается за счет уменьшения расхода топлива во время простоя. Оценочный срок окупаемости составляет от 3-7 лет, в зависимости от времени простоя.

11.1.8 Эффективность работы эскалаторного хозяйства метрополитена³⁰

Потребление электроэнергии эскалаторами и расход их ресурса пропорциональны скорости движения лестничного полотна. От скорости эскалатора зависит периодичность ремонтных работ, имеющих высокую стоимость и снижающих комфорт пассажиров. Поэтому нужно, чтобы в процессе эксплуатации скорость эскалатора всегда соответствовала требуемой пропускной способности.

С точки зрения электропривода, эскалатор – установка с независимым от скорости моментом нагрузки, имеющая большую величину момента холостого хода (до 0,4Мхх). Несмотря на это, снижение скорости в периоды времени с низким пассажиропотоком приводит к увеличению межремонтных сроков и снижению потребления электроэнергии.

Для реализации такого способа управления применяется частотное управление асинхронными короткозамкнутыми двигателями. Среди стандартных функций этих преобразователей имеется энергосберегающий режим, который активен при установке управления в режим векторного управления динамическим моментом, правильной настройке ограничителя момента и др.

Энергосберегающий режим предполагает регулирование скорости в зависимости от загрузки эскалатора (малая скорость при малой загрузке и большая скорость при большей загрузке), сохраняя примерно постоянной его пропускную

³⁰ Ле Суан Хонг. Анализ и оценка энергетической эффективности альтернативных систем тягового электропривода электропоездов метрополитена // Энергосбережение, информационные технологии и устойчивое развитие: электронное научное издание: сб. материалов Международной научно-технической интернет-конференции. ФГБОУ ВПО «ИжГТУ им. М.Т.Калашникова». -Ижевск, 2014.

способность на необходимом уровне и потребляя столько энергии, сколько необходимо для данной загрузки.

Грамотная наладка преобразователей частоты с точным определением моментов холостого хода, коэффициентов снижения и д.т., то такое мероприятие по введению энергосберегающего режима работы эскалаторов может быть уверенно внесено в общий перечень энергосберегающих мероприятий для метрополитена.

Технический аспект: Повышение эффективности работы эскалаторного оборудования.

Экономический аспект: Снижение достигается за счет уменьшения расхода электроэнергии. Оценочный срок окупаемости составляет 1 год.

11.1.9 Автоматизация электрооборудования главного проветривания

Часто управление вентиляторами происходит вручную по запросу дежурных по станциям. Решение о выборе скорости вращения того или иного вентилятора принимает эксплуатационный персонал интуитивно.

Известно³¹, что автоматическое частотное управление вентиляторами и другими механизмами с параболической нагрузочной характеристикой при применении энергосберегающего режима дает экономию электроэнергии до 50% по сравнению со случаем, когда энергосберегающий режим не применяется.

Вентиляторы главного проветривания метрополитена могут быть оснащены преобразователями частоты, но не иметь автоматическую системы управления с применением датчиков температуры и запыленности атмосферы на станциях, что повышает эффективность работы электрооборудова-

³¹ Энергосберегающая технология электроснабжения народного хозяйства: В 5 кн.: Практическое пособие / Под ред. ВА Веникова. Кн. 2. Энергосбережение в электроприводе/ Н.Ф. Ильинский, Ю.В. Рожанковский, А.О. Горнов. – М.: Высшая шк., 1989.

ния и как следствие влияет на снижение объема потребления электроэнергии.

Технический аспект: Повышение эффективности работы эскалаторного оборудования.

Экономический аспект: Снижение затрат на собственные нужды за счет понижения расхода электроэнергии приводом вентилятора. Примерный срок окупаемости составляет от 2-5 лет в зависимости от объема экономия электроэнергии на работу электропривода с ЧРП и изменения стоимости самого ЧРП.

11.1.10 Использование энергии рекуперации в метрополитене

В метрополитенах встречаются случаи, что вся кинетическая энергия, накопленная поездом в процессе движения, не используется полезно, а преобразуется в тепло.

С другой стороны, эта энергия может быть использована полезно, ее можно:

- передать другому подвижному составу, который находится поблизости и работает в режиме тяги;
- запасти эту энергию в накопительных элементах (в маховых накопителях, в суперконденсаторах и др.), которые могут устанавливаться либо на подвижном составе, либо на тяговой подстанции;
- передать электроэнергию на ближайшую тяговую подстанцию, на которой установлен выпрямительно-инверторный статический преобразователь (рекуператор), и затем в первичную питающую сеть.

Технический аспект: Повышение эффективности работы метрополитена.

Экономический аспект: Снижение затрат на собственные нужды за счет понижения расхода потребляемой электроэнергии. Примерный срок окупаемости составляет 5 лет.

11.1.11 Энергосбережение в режиме рекуперативного торможения электропоезда

Определение потенциала энергосбережения в режиме рекуперативного торможения проводятся на основе тягово-энергетического расчета движения электропоезда.

При расчетах учитываются основные положения Правил тяговых расчетов для поездной работы³² и данные справочника по тяговым расчетам³³, а также технические характеристики подвижного состава метрополитена.

Введение полноценной рекуперации позволяет сэкономить от 35 до 50% энергии, затрачиваемой на движение поездов. Увеличение скорости стабилизации на перегоне способствует росту возможной экономии энергии. В часы пик рост загрузки поездов приводит к максимальной энергоэффективности рекуперативного торможения с отдачей энергии в сеть.

Технический аспект: Повышение эффективности работы метрополитена.

Экономический аспект: Снижение затрат на собственные нужды за счет понижения расхода покупаемой электроэнергии. Примерный срок окупаемости составляет 5 лет.

11.1.12 Обточка колёсных пар и шлифования рельсов

Использование современных технических средств лубрикации системы «колесо – рельс» позволяет эффективно воздействовать на величину потребляемых ТЭР, повысить сроки службы колёс и рельсов, формировать условия безопасного движения поездов на кривых участках пути и снизить уровень шумового воздействия на окружающую среду.

На локомотивах производится продольная и поперечная развеска по колёсам и осям каждой секции. Использование рациональных способов обточки колёсных пар и шлифования рельсов, оптимизация и применение энергооптимальных

³² Правила тяговых расчетов для поездной работы. МПС СССР ВНИИЖТ. – М: Транспорт, 1985.

³³ Гребенюк П.Т., Долганов А.Н., Скворцова А.И. Тяговые расчеты. Справочник, М: Транспорт, 1987.

профилей бандажей колёсных пар и рельсов позволяет улучшить условия взаимодействия колёсных пар с рельсами и уменьшить износ гребней колёсных пар и головок рельсов. Конфигурация профилей колёс и рельсов оказывает большое влияние на эксплуатационные расходы железных дорог, и даже их небольшие изменения могут иметь значимые последствия. Образование оптимального профиля рельсов и его сохранение способствуют снижению поперечных сил (напряжений) во взаимодействии колеса и рельса, снижают динамическое воздействие подвижного состава на путь.

Технический аспект: Повышение надежности и эффективности работы колес и рельс.

Экономический аспект: Снижение затрат на топливо или электроэнергию за счет повышения сцепления колес и рельсами. Примерный срок окупаемости составляет 3 года.

11.1.13 Замена аккумуляторных батарей

Повышение энергоэффективности пассажирских вагонов связано с повышением коэффициента полезного действия как источника электроэнергии, так и основных потребителей. Основное направление снижения потребления электроэнергии при зарядке аккумуляторных батарей – переход на современные не обслуживаемые кислотные-свинцовые аккумуляторы.

Технический аспект: Повышение КПД источника электроэнергии.

Экономический аспект: Экономия достигается за счет снижения потребления электроэнергии при зарядке. Примерный срок окупаемости составляет 5 лет.

11.1.14 Пескосушильные установки

Пескосушильные установки применяются в пунктах экипировки локомотивов для подготовки песка, используемого в целях увеличения коэффициента сцепления колёсных

пар локомотива с рельсами. Согласно техническим условиям в пескосушильной установке должен обрабатываться песок:

– нормального качества с содержанием кварца не менее 75 % и глинистой составляющей не более 3 %;

– повышенного качества с содержанием кварца не менее 90 % и глинистой составляющей не более 1 %.

Рабочую массу песка, поступающего после сушки и просеивания в песочницы локомотивов, составляют зёрна размером от 0,1 до 2 мм включительно. Содержание зёрен размером свыше 2 мм не допускается. Влажность песка не должна превышать 0,5 %, а температура его нагрева при сушке допускается не более 350 оС.

В настоящее время для сушки песка в основном используют барабанные пескосушильные установки, достаточно простые в обслуживании, но отличающиеся высокой материалоемкостью и требующие больших площадей для своего размещения. Кроме того, барабанные установки оказались достаточно трудоёмкими при ремонте. Всё большее распространение получают установки для сушки песка в кипящем слое, использование которого позволяет резко интенсифицировать процесс теплообмена между сушильным агентом и песком.

Достоинствами сушки песка в кипящем слое являются: высокая интенсивность процесса сушки (достигающая нескольких сотен кг/ч влаги на 1 м³ сушильной камеры), почти одинаковая по всему объёму температура кипящего слоя, возможность регулирования времени пребывания материала в сушилке (которое обычно ограничивается несколькими минутами). Кроме того, установки кипящего слоя значительно меньше барабанных по габаритам, менее металлоёмки, обладают меньшей стоимостью и лучшими экономическими показателями.

Технический аспект: Повышение эффективности работы пунктов экипировки.

Экономический аспект: Главным требованием при реконструкции и замене оборудования является требование к применению высокоэффективных технологий, обеспечивающих снижение потерь до уровня рентабельности. Экономия

достигается за счет снижения потребления электроэнергии при зарядке. Примерный срок окупаемости составляет 5 лет.

11.1.15 Реостатные испытания тепловозов

Одна из важнейших частей системы технического содержания и ремонта тепловозов это проведение реостатных испытаний. Качество выполнения реостатных испытаний определяет надёжность и экономичность работы тепловозов в эксплуатации. Реостатные испытания тепловозов целесообразно проводить с использованием специального диагностического комплекса, который позволяет диагностировать техническое состояние дизель-генераторных установок тепловозов и определять все теплотехнические параметры работы дизеля в номинальном энергооптимальном режиме.

Технический аспект: Повышение эффективности работы тепловоза.

Экономический аспект: Экономия достигается за счет снижения потребления топлива. Примерный срок окупаемости составляет 3 лет.

11.1.16 Оптимизация расписаний движения поездов

График движения поездов определяет основные эксплуатационные показатели, в том числе расход электроэнергии и топлива на тягу поездов. Главными показателями, влияющими на эксплуатационные расходы, являются участковая и техническая скорости движения поездов. И если первая напрямую определяет требуемое количество бригад и локомотивов, то соотношение технической и участковых скоростей тесно связано с расходом электроэнергии и топлива на тягу.

Определение оптимальных скоростей движения при разработке графика заключается в решении известной задачи о выборе выгодного баланса между расходной и доходной составляющими при организации перевозочного процесса.

Технический аспект: Повышение эффективности перевозочного процесса.

Экономический аспект: Экономия достигается за счет снижения потребления топлива и электроэнергии при снижении простоев. Примерный срок окупаемости составляет до 3 лет.

11.1.17 Повышение коэффициента участковой скорости

Коэффициентом участковой скорости называется отношение участковой скорости к технической. Чем ближе этот коэффициент к единице, тем лучше используются локомотивы на участках обращения и зонах обслуживания.

Мерами, влияющими на величину коэффициента участковой скорости, являются:

- совершенствование организации движения поездов;
- повышение надежности подвижного состава;
- сокращение задержек выдачи локомотивов и бригад;
- повышение квалификации машинистов для выдерживания перегонного времени хода;
- повышение надежности элементов инфраструктуры (контактная сеть, СЦБ, путь).

Технический аспект: Повышение эффективности перевозочного процесса.

Экономический аспект: Экономия достигается за счет снижения потребления топлива и электроэнергии при соблюдении скоростного режима. Примерный срок окупаемости составляет 3 года.

11.1.18 Снижение количества неграфиковых остановок грузовых поездов

Для снижения количества неграфиковых остановок следует постоянно повышать качество работы диспетчеров по регулированию движению поездов, а также проводить по-

дробный анализ причин неграфиковых остановок с выработкой корректирующих воздействий.

Технический аспект: Повышение эффективности перевозочного процесса.

Экономический аспект: Экономия достигается за счет снижения потребления топлива и электроэнергии при простоях. Примерный срок окупаемости составляет 3 года.

11.1.19 Меры по снижению доли порожнего пробега грузовых вагонов и одиночного следования локомотивов

При формировании составов всегда следует учитывать, что экономию можно достичь только с полностью гружеными составами. Смешанные составы (то есть состоящие из порожних и груженных вагонов) всегда приводят к перерасходу топлива. Таким образом, основными мерами по снижению доли порожнего пробега грузовых вагонов является качественная работа служб по формированию однородных поездов (полностью груженных поездов) максимального веса на сортировочных станциях и станциях формирования поездов.

Технический аспект: Повышение эффективности перевозочного процесса.

Экономический аспект: Экономия достигается за счет снижения потребления топлива и электроэнергии при передвижениях локомотивов без грузов. Примерный срок окупаемости составляет 3 года.

11.1.20 Повышение среднего веса грузовых поездов, в том числе за счет увеличения доли тяжеловесных грузовых поездов

Динамичное изменение географии грузопотоков, в первую очередь увеличение объемов перевозок, а также структурой грузопотоков, где доля «тяжёлых» грузов (уголь, нефтегрузы, руда, металлы, удобрения и другие) является преобладающей. Осваивать растущие объёмы перевозок в

соответствии с потребностями экономики только за счёт экстенсивного наращивания пропускных способностей и реализации капиталоемких проектов нерационально, так как этот путь требует значительных инвестиций. В этой связи принципиальную важность приобретает выбор наиболее экономически эффективных технических и технологических решений, обеспечивающих повышение результативности перевозок.

Мировой опыт организации тяжеловесного движения показывает, что определить оптимальную величину осевой нагрузки возможно только при помощи исследований и оценки экономической эффективности. Такой подход позволяет взвешенно подходить не только к технической стороне дела, к оценке возможностей инфраструктуры, но и к экономическим вопросам: просчитывать необходимые затраты и ожидаемые эффекты.

При тепловозной тяге наибольшая производительность локомотива и, следовательно, максимальная провозная способность участка, а также наименьшие расходы ТЭР всегда будут достигаться при наибольшей массе поезда.

Экономические результаты от мероприятий, направленных на повышение массы грузовых поездов, складываются из:

- увеличения доходов и прибыли компании в результате увеличения провозной способности участка и освоения дополнительных объемов перевозок грузов;

- изменения текущих затрат на содержание локомотивного парка и локомотивных бригад, удельного расхода топливно-энергетических ресурсов (далее – ТЭР) на тягу поездов и др.;

- дополнительных единовременных затрат: инвестиций в путевое развитие на участках и на технических станциях, усиление устройств электроснабжения, а также увеличение парка маневровых локомотивов, приобретение дополнительного парка поездных локомотивов новых серий с необходимыми характеристиками; соответствующих текущих затрат на содержание введенных объектов инфраструктуры и парка локомотивов.

При оценке эффективности проектов, связанных с пропуском тяжеловесных поездов, необходимо использовать следующие принципы:

- сопоставимость сравниваемых реализуемых инвестиционных проектов;
- учет влияния на реализацию инвестиционных проектов экономического окружения: инфляции, системы налогообложения и др.;
- принцип сравнения «с проектом» и «без проекта»;
- допустимость включения в расчет только тех результатов и затрат, которые различаются по сравниваемым вариантам;
- моделирование возможных денежных потоков (поступлений), включая денежные поступления и затраты за расчетный период;
- рассмотрение проекта на протяжении расчетного периода, учитывающего жизненный цикл объектов инфраструктуры и тягового подвижного состава;
- учет изменения составляющих стоимости жизненного цикла объектов инфраструктуры и тягового подвижного состава;
- учет наиболее важных факторов, способных повлиять на стоимость жизненного цикла объектов инфраструктуры и подвижного состава, включая концепцию технического обслуживания и ремонта, возможные сценарии эксплуатации.

Оценка экономической эффективности реализации мероприятий по пропуску тяжеловесных поездов и вождения соединенных поездов предполагает определение финансовых последствий реализации соответствующих мероприятий.³⁴³⁵

Технический аспект: Повышение эффективности перевозочного процесса.

Экономический аспект: Экономия достигается за счет снижения потребления топлива и электроэнергии при ис-

³⁴ Методические указания, по экономической оценке, показателей эксплуатационной работы железных дорог [Текст]. – Москва, – 1987. – 58 с.

³⁵ Методические рекомендации по обоснованию эффективности инноваций на железнодорожном транспорте, утвержденные МПС Российской Федерации 26.04.1999 г. № ЦТехО-11.

пользование мощных локомотивов без полной загрузки. Примерный срок окупаемости составляет 3 года.

11.1.21 Применение на электровозах рекуперации энергии торможения и подтормаживания на спусках

Рекуперацией считается возврат в сеть части затраченной электроэнергии для повторного её использования. Так, в режиме торможения тяговыми двигателями электроподвижного состава (ЭПС) они переводятся в генераторный режим, и механическая энергия движения поезда превращается в электрическую энергию. В основном рекуперативное торможение необходимо для обеспечения безопасности движения поездов. Его роль особенно важна на линиях с горным профилем, а также для высокоскоростного подвижного состава.

Длительное торможение колодочными тормозами невозможно из-за снижения их эффективности при нагреве, поэтому пользоваться ими можно лишь прерывисто. В результате скорость поезда постоянно меняется, в его составе возникают продольно-динамические усилия, которые способны разорвать поезд или привести к выдавливанию вагонов, а в пассажирском движении ещё и снизить комфортность проезда. При высоких скоростях стабильность механических тормозов недостаточна для плавного замедления, поэтому их применяют только для дотормаживания поезда перед остановкой.

Кроме основной функции по обеспечению безопасности движения применение рекуперативного торможения позволяет использовать возвращённую энергию на тягу поездов другими локомотивами, а также для привода вспомогательных электрических машин, для освещения и отопления, повышая энергоэффективность перевозочного процесса.

При отсутствии других поездов на участке рекуперированная электроэнергия может быть возвращена во внешнюю питающую сеть. Рекуперацию электрической энергии нельзя

считать её производством, поскольку не требуется расход энергоносителей.

Для повышения эффективности рекуперации рекомендуется проведение статистических исследований на основе опытных прогонов на участках дороги с различными условиями движения и нормирование энергии рекуперации для групп участков со сходными условиями движения и характеристиками поездов.

Внедрение рекуперативного торможения следует начинать с электровозов переменного тока по следующим причинам:

- для этих электровозов мощность на высокой скорости начала торможения не ограничена возможностями коллектора двигателей постоянного тока, поэтому объем возвращенной энергии может быть в несколько раз больше;
- схемных переключений при переходе в режим рекуперативного торможения не требуется;
- минимальная скорость прекращения рекуперации намного меньше, т.е. торможение в режиме рекуперации может продолжаться почти до полной остановки состава.

Технический аспект: Повышение эффективности перевозочного процесса.

Экономический аспект: Экономия достигается за счет снижения потребления покупной электроэнергии и возвращение части объема обратно в сеть. Примерный срок окупаемости составляет 5 лет.

11.1.22 Компенсация реактивной мощности на электровозах

Общим недостатком всех электровозов переменного тока с коллекторными тяговыми двигателями является низкий коэффициент мощности, который свидетельствует о повышенном потреблении реактивной мощности и искажении формы питающего тока. Следствием этого является дополни-

тельная нагрузка тяговой сети и электрооборудования электровоза реактивным током и увеличенный расход электроэнергии на тягу поездов.

Улучшение энергетических показателей системы тягового электроснабжения переменного тока достигается при помощи стационарных устройств компенсации реактивной мощности (КРМ), которые, как правило, устанавливают на тяговых подстанциях. При этом снижается реактивная мощность в системе внешнего энергоснабжения, а внутренняя реактивная мощность и связанный с этим дополнительный расход электроэнергии в тяговой сети сохраняются. Кроме того, дополнительная токовая нагрузка увеличивает потери напряжения в контактной сети и приводит к снижению напряжения на токоприемнике и тяговых двигателях электровоза.

В режиме рекуперативного торможения из-за значительного увеличения реактивной мощности увеличиваются дополнительные потери в системе энергоснабжения, что снижает эффективность рекуперации электровозов переменного тока.

Одним из способов повышения коэффициента мощности на токоприемнике электровоза является применение бортовых устройств КРМ с размещением их непосредственно на подвижном составе.

Испытания показали, что применение бортовых устройств КРМ является эффективным средством повышения коэффициента мощности электровозов в режимах тяги и рекуперативного торможения. Вместе с тем было установлено, что использование нерегулируемого компенсатора реактивной мощности приводит к увеличению коэффициента мощности при номинальной нагрузке и его снижению при малых нагрузках.

Технический аспект: Повышение коэффициента мощности и эффективности перевозочного процесса.

Экономический аспект: Главными факторами, определяющими величину эффекта снижения потерь электроэнергии за счет снижения передаваемой реактивной мощности по элементу электрической сети, являются активное сопротивление

ление схемы замещения этого элемента и величина передаваемой реактивной мощности. Примерный срок окупаемости составляет 5 лет.

11.2 Экономические аспекты реализации наилучших доступных технологий при эксплуатации транспорта

Рост цен на сырую нефть в сочетании с увеличением акцизов означает, что доля топлива в эксплуатационных затратах быстро увеличивается. Как следствие, любые инвестиции в повышение эффективности использования топлива, осуществляемые в настоящее время, могут принести еще большую отдачу в будущем.

Сокращение расхода топлива с неизбежностью требует затрат времени, усилий или финансовых ресурсов, причем во многих случаях необходимы все три составляющие. Количественная оценка некоторых финансовых затрат, например, на приобретение измерительного оборудования или более эффективных автомобилей, не представляет сложности. Однако существуют и скрытые затраты, например, рабочее время руководства, административного или инженерно-технического персонала, оценка которых представляет собой более сложную задачу.

Как было сказано выше любое, даже самое незначительное, изменение любой характеристики влечет изменение потребления энергоресурсов. Из этого можно сделать вывод о необходимости постоянного контроля всех характеристик во избежание увеличения потребления энергоресурсов, а также введение мероприятий по улучшению характеристик для дальнейшего уменьшения потребления энергоресурсов.

11.3 Перспективные технологии в транспорте

11.3.1 Ресурсосбережение в путевом хозяйстве за счет лубрикации (смазывания) рельсов, а также профильной шлифовки, острожки, фрезеровки рельсов

В ходе энергетического аудита было выявлено, что ТОО «Богатырь Комир» имеет обширное рельсовое хозяйство и протяженные железнодорожные пути. Рельсы являются главным элементом верхнего строения пути. Они обеспечивают ровную поверхность качения и направляют при движении колеса подвижного состава, воспринимают давление от колес и передают его на шпалы. Кроме того, на участках с автоблокировкой рельсы служат проводником сигнального тока, а на участках с электрической тягой — обратного тягового тока. Изношенные или дефектные рельсы снимают с пути. Работа по полной замене рельсов на участке пути выполняется в составе ремонтов, периодичность которых определяется величиной пропущенного тоннажа и условиями работы пути.

Рельсы не только определяют работу верхнего строения под поездной нагрузкой, но и составляют заметную часть основных фондов железной дороги. Поэтому увеличение срока их службы ощутимо влияет на все показатели эксплуатационной работы.

В мировой практике к основным мероприятиям по продлению срока службы рельсов относятся:

- лубрикация (смазывание) рельсов;
- репрофилирование (изменение поперечного сечения) рельсов: профильная шлифовка, острожка, фрезеровка рельсов;
- наплавка рельсов и другие мероприятия.

В прошлом лубрикацию применяли только как средство снижения износа колеса и рельса. В настоящее время многие специалисты полагают, что лубрикация может и должна использоваться для повышения эффективности грузовых перевозок.

Что касается профильной шлифовки, то часто выполняемое профилактическое шлифование в один проход с малой подачей и воспроизводящее естественный износ позволяет удалять поверхностные микротрещины. В то же время оно сохраняет профиль рельса, выравнивает сварные стыки и удаляет зарождающийся волнообразный износ без излишнего снятия металла. При оптимальной интенсивности износа усталостный и износный процессы в рельсе находятся в равновесии, и их развитие зависит от многих факторов, включая качество содержания пути, тележек и колес подвижного состава и структуру грузопотоков. На большинстве железных дорог, где рельсы смазывают, воспроизведения естественного вертикального износа недостаточно и для достижения наибольшего срока службы рельсы необходимо шлифовать. Для придания головке рельса нового проектного очертания применяют как традиционную профильную шлифовку рельсов, так и новые технологии.

Необходимость назначения работ по профильной шлифовке определяется результатами измерений неровностей на поверхности рельса и поперечного профиля рельсов. Регулярная профильная шлифовка рельсов — одно из наиболее эффективных направлений ресурсосбережения. При выполнении регулярных шлифовок уменьшается сопротивление движению поезда, сокращаются затраты на дизельное топливо и электроэнергию, удлиняются межремонтные сроки, сокращаются затраты на текущее содержание пути. Один рельсошлифовальный поезд позволяет при условии равномерной загрузки в течение рабочего сезона экономить около 30 км новых рельсов в год.

Следует подчеркнуть, что экономический эффект от применения рельсошлифовального поезда может быть многократно превзойден ущербом от пожара, возникшего при выполнении работ по шлифовке. Для снижения пожароопасности используют метод вибрационного шлифования рельсов. Действие вибрационных шлифовальных машины основано на снятии металла шлифовальными блоками, совершающими возвратно-поступательные перемещения при одновременном движении машины по рельсовому пути.

Из наиболее эффективных новых технических решений, берегающих ресурсы, надо отметить внедрение бесстыкового пути. При этом необходимо отдельно давать задания на укладку пути с плетями длиной до перегона, что еще больше увеличит экономию на единицу его длины.

В зависимости от условий эксплуатации от 40 до 70 % затрат на текущее содержание бесстыкового пути приходится на зоны уравнительных пролетов, устранение которых должно стать одной из первоочередных задач (в настоящее время до длины блок-участка и перегона сваривают только около 60 % укладываемых плетей из новых и старогонных рельсов).

Установлено, что лучшим способом является газопрессовая сварка рельсов, основанная на соединении металла в твердом состоянии. Однако по технико-экономическим показателям она уступает близкой по характеристикам качества контактной стыковки сварке, которая и заняла в настоящее время ведущее место в производстве сварных рельсов и изготовлении бесстыкового пути.

Существенный вклад в снижение затрат на текущее содержание, увеличение надежности пути и его межремонтных сроков начинают вносить упругие промежуточные скрепления. Поэтому одной из первоочередных задач является укладка всех новых шпал с такими скреплениями.

Значительный эффект будет достигнут также при внедрении специальных конструкций пути в особых условиях эксплуатации, в том числе бесстыкового в регионах с суровым климатом, в кривых малых и средних радиусов и т.д.

Применение путевых машин нового поколения на выправке пути и стрелочных переводов повышает выработку в час «окна» (за 1 год «Дуоматик» 09-32 выправляет 550—600 км пути против 100—120 км машиной ВПР-1200) и, что более важно, возрастает точность параметров рельсовой колеи, а в конечном итоге, замедляется ее последующее расстройство.

11.3.2 Локомотивы на альтернативных видах топлива

В декабре 2015 года старшим вице-президентом ОАО «РЖД» Гапановичем В.А. утверждена Программа внедрения тягового подвижного состава, работающего на СПГ, на полигоне Свердловской железной дороги на период 2015-2025 годы. Программа разработана ОАО «ВНИКТИ» с участием Ростовского государственного университета путей сообщения и специалистов Свердловской железной дороги.

Программа направлена на внедрение газомоторных локомотивов на неэлектрифицированных участках Сургутского региона обслуживания Свердловской железной дороги. Планируется использование магистральных газотурбовозов серии ГТ1h и маневровых газопоршневых тепловозов серии ТЭМ19.

Магистральный газотурбовоз ГТ1h-002 мощностью 8500 кВт с электрической передачей предназначен для эксплуатации на не электрифицированных участках железных дорог общего пользования в районах Сибири и крайнего Севера, для вождения грузовых поездов повышенной длины и массы.

ГТ1h состоит из двух секций, оборудованных кабинами управления. В одной располагается энергетическая установка, во второй - размещается необходимый запас топлива.

Преимущества:

- Реализация большей мощности при меньших габаритах.
- Экономичность за счет применения в качестве топлива сжиженного природного газа.
- Экологический эффект за счет снижения загрязняющих выбросов в атмосферу.
- ГТ1h создан на базе экипажной части локомотива ТЭМ7А (производства ЛТЗ).
- В качестве автономного источника энергии в локомотиве использован газотурбинный двигатель российского производства.

Магистральный газотурбовоз ГТ1

Газотурбовоз ГТ1 – современный российский грузовой газотурбовоз (локомотив с газотурбинным двигателем), разработан в ОАО «ВНИКТИ». На локомотиве применяется электропередача переменного тока с поосным регулированием тяги. Газотурбовоз предназначен для эксплуатации на неэлектрифицированных участках железных дорог.

Мощность газотурбовоза составляет 8300 кВт, что является наибольшим значением показателя для данного типа локомотивов в мире.

В 2007 г. изготовлен опытный образец газотурбовоза на базе электровоза ВЛ15. Сборка локомотива осуществлена на Воронежском тепловозоремонтном заводе.

В ходе испытаний, прошедших 23 января 2009 года на Экспериментальном кольце ВНИИЖТа (г. Щербинка), газотурбовоз ГТ1 провёл длинносоставный большегрузный поезд из 159 вагонов массой 15 тыс. тонн.

ОАО «РЖД» получило Диплом Книги рекордов Гиннеса за создание самого мощного в мире магистрального газотурбовоза, работающего на сжиженном природном газе.

20 декабря 2010 г. в рамках испытаний первый российский газотурбовоз ГТ1-001 на участке Вековка – Бекасово Московской железной дороги провёл грузовой состав весом 12 тыс. т.

В 2011 году была проведена модернизация локомотива ГТ1-001 с исключением расхода дизельного топлива (на вспомогательные нужды) и использованием накопителей энергии для питания вспомогательных систем и маневрового режима с присвоением обозначения ГТн-001.

В декабре 2012 года газотурбовоз передислоцирован на Свердловскую ж.д. для проведения подконтрольной эксплуатации, обучения локомотивных бригад и ремонтного персонала особенностям нового подвижного состава. В 2013 году депо приписки газотурбовоза определено ТЧЭ13 «Егоршино» (в 2014 данное депо определено как базовое для локомотивов, работающих на сжиженном природном газе). В качестве полигона эксплуатации определен участок ст. Егоршино – ст. Серов-Сортировочный. В период подконтрольной эксплуата-

ции газотурбовозом впервые были проведены по этому маршруту составы весом свыше 8000 тонн.

Результаты подконтрольной эксплуатации ГТ1h-001 в депо «Егоршино» на 01 августа 2015 года:

Выполненная работа –163 млн. 379 тыс. тонно-км брутто.

Пробег в голове поезда – 30580 км.

Израсходовано СПГ: 950068 кг.

Маневровый газотепловоз ТЭМ19 (Брянский машиностроительный завод)

Шестиосный газотепловоз производства Брянского машиностроительного завода – одна из главных новинок «Трансмашхолдинга» в области маневровой техники

Отличительная особенность машины – газопоршневый двигатель 491ГД Российского производства. Использование в качестве топлива сжиженного природного газа позволяет не только сократить вредные выбросы в атмосферу, но и уменьшить потребление энергоресурсов. Локомотив построен по оригинальной схеме с размещением запаса криогенного топлива в съёмной емкости, закреплённой на опорах главной рамы. За счёт этого появилась возможность сократить время, необходимое для экипировки, так как бак можно легко демонтировать и установить новый. При этом повышается безопасность эксплуатации и обслуживания тепловоза. Охлаждается двигатель системой с применением антифриза. ТЭМ19 обслуживается машинистом без помощника. В кабине, помимо микропроцессорной системы управления, монтируется ряд других технических устройств. В том числе новинка оснащена системами управления газовым топливом, его взвешивания и контроля расхода. Кроме того, используются датчики газообнаружения и пожарная сигнализация, современный локомотивный комплекс безопасности. Модульный принцип компоновки тепловоза минимизирует время его сборки, а также упрощает обслуживание и ремонт. Применение моторно-осевых подшипников качения исключает из технологического процесса обслуживание колесно-моторных блоков.

11.3.3 Маглев или поезд на магнитной подушке

Маглев, или поезд на магнитной подушке, — это состав, который удерживается над дорожным полотном и движется силой электромагнитного поля. В основу маглева положено базовое свойство магнитов: одинаковые полюса отталкиваются, а разные – притягиваются. В настоящий момент существует две основные технологии магнитного подвеса: электромагнитная EMS и электродинамическая EDS.

В поездах первого типа под днищем вагона крепятся мощные магниты в сантиметрах от Т-образного стального полотна. При движении поезда магнитный поток, проходящий через контур полотна, постоянно меняется, и в нем возникают сильные индукционные токи. Они создают мощное магнитное поле, которое отталкивает магнитную подвеску поезда. Состав левитирует за счёт отталкивания одинаковых полюсов и притягивания разных полюсов магнитов. А специальная система сохраняет величину зазора между магнитами в 15 миллиметров постоянной. При увеличении зазора система повышает силу тока в несущих магнитах и приближает вагон, при уменьшении — понижает силу тока, и зазор увеличивается. Также на электромагнитные маглевы устанавливают специальные батареи, позволяющие поезду левитировать при остановке.

Движение поезда осуществляется линейным двигателем – поочерёдно включаются обмотки статора, создавая бегущее магнитное поле. Статор поезда втягивается в это поле и движет весь состав. При этом с частотой 4000 раз в секунду происходит смена полюсов на магнитах путем попеременной подачи тока. Изменение силы и частоты тока позволяет регулировать скорость состава.

Существует также электродинамическая EDS-технология, при которой движение маглева осуществляется за счет взаимодействия двух полей. Одно из них создается в дорожном полотне, а второе – на корпусе поезда. В отличие от EMS с обычными магнитами, EDS использует сверхпроводящие электромагниты, которые могут проводить электричество даже после отключения источника питания.

Кроме того, EDS не нуждается в специальных системах корректировки расстояния между поездом и полотном. При его сокращении возникает сила отталкивания, которая возвращает магниты в первоначальное положение. А при увеличении расстояния увеличивается сила притяжения, что также ведет к стабилизации системы.

Еще одно отличие поездов, созданных по технологии EDS, — необходимость в дополнительных колёсах при движении на малых скоростях (до 150 км/ч). При достижении высокой скорости колёса отделяются от земли и поезд летит на расстоянии нескольких сантиметров от поверхности. Также стоит отметить, что из-за сильных магнитных полей на корпусе поезда необходима магнитная защита – экранирование.

Маглев — это самый быстрый общественный наземный транспорт. Рекорд скорости был установлен японским поездом Синкансэн L0 в апреле 2015 года — он разогнался до 603 км/ч.

Достоинства поездов маглев:

- Высокая скорость делает такие поезда лидерами наземного транспорта.
- Эффективное использование электроэнергии по сравнению с действующими поездами на электрической тяге и электромобилями.
- Низкие затраты в эксплуатации из-за отсутствия трущихся деталей, таких как колёса, тормозные накладки, рельсы.
- Отсутствие шума обычного поезда: стук колёс на стыках рельс, звуки от трения колёс о рельсы.

Недостатки поездов маглев:

- Цена километра дороги превышает стоимость строительства подземной части метро. Затраты на строительство поезда в разы выше стоимости традиционного состава.
- Путь маглева подходит только ему, другие поезда «пустить» нельзя. По рельсам могут же двигаться поезда с разной скоростью.

- Влияние магнитного поля на человека, окружающую среду и приборы не изучено. Поезда на магнитной подушке – высокотехнологичный, перспективный транспорт, который в ближайшем будущем обеспечит безопасную, быструю и комфортную доставку пассажиров на значительные расстояния.

Данная технология используется в Великобритании, Китае, Южной Корее.

11.3.4 Водородные автомобили

Водород является самой маленькой молекулой во Вселенной, что делает очень трудной работу с чистым водородом, так как в обычных условиях этот газ очень легкий и быстро вступает в реакцию с другими соединениями. Чтобы облегчить работу с водородом, его охлаждают до жидкого состояния и хранят в таком виде, заправляя им ракетные двигатели. Когда в Европейском космическом агентстве создавали ракеты Ariane на базе водородного топлива, агентство обратилось к австрийскому автомобилестроителю за помощью в создании топливных линий и резервуаров для хранения охлажденного водорода, и кислорода по отдельности друг от друга.

"Эта проблема технического характера, разработать подходящее решение было сложно", - говорит Геральд Поэлманн, глава Центра компетенции по водородным технологиям Magnasteurg. "Здесь были просто недопустимы никакие погрешности, а материалы не должны были иметь какие-либо трещины, а также допускать какого-либо испарения".

Однако, по его словам, опыт, накопленный в процессе работы с водородом по соглашению с Европейским космическим агентством, дал Magnasteurg необходимую компетенцию. "Сейчас нам это позволяет выйти на новые рынки и применять созданные технологии для создания высокопроизводительных двигателей, созданных для автомобилей, а не для космоса", - рассказывает он.

В прошлом Magnasteurg работала с немецким концерном BMW над созданием инновационных водородных хранилищ,

размеры которых были бы достаточно малы для того, чтобы размещаться внутри седана BMW 7 Series. Впервые концепция BMW 7 Series с водородным двигателем была испытана еще в 2007 году. Здесь были созданы автомобильные баки для хранения водорода в жидком виде.

В Magnasteurg говорят, что видят в водороде источник энергии будущего и считают этот вид топлива "чистым настолько, насколько топливо может быть чистым". В то же время, для того, чтобы держать водород в жидком виде, необходима температура не выше минус 253 градусов. Соответственно, для этого в системе хранения должен быть очень мощный холодильник, а также очень мощная изоляция, которая бы предотвращала, нагрев водорода.

В свое время для BMW был создан 114-литровый водородный бак, в котором топливо полностью изолировалось от внешней среды и, будучи заправленным в автомобиль, могло быть в охлажденном состоянии до двух недель. Немецкий концерн произвел на свет ровно 100 подобных водородных машин, которые также могли ездить и на обычном бензине. Сейчас водородные седаны иногда применяются для поездок VIP-персон.

В Magnasteurg говорят, что их проект показывает два момента: во-первых, сам по себе водород практически не дает выбросов, но, во-вторых, он все же имеет ряд ограничений, которые необходимо обойти, прежде чем внедрять водородные системы. Наконец, в-третьих, сейчас по всему миру насчитывается не более десятка автомобильных насосов, способных закачать жидкий водород в баки автомобилей.

Отметим, что сейчас под "водородным двигателем" фактически понимают два разных решения: первое использует химическую реакцию на основе водорода, которая выделяет электричество и им движется автомобиль, другие, значительно более редкие и дорогие, применяют водород именно как топливо. Здесь речь идет именно о втором типе двигателей. Вторые - это значительно более мощные, экономичные и универсальные решения, хотя их производство еще находится в далеком будущем.

12. Заключительные положения и рекомендации

Общее заключение, которое можно сделать в результате работы над документом, состоит в том, что практически все крупные предприятия Казахстана систематически работают над подготовкой и реализацией программ энергосбережения. Известно, что в ряде промышленных групп подготовлены стандарты организаций по выбору энергоэффективного оборудования, по проведению закупок с учетом классов энергоэффективности, по подготовке и повышению квалификации кадров в сфере энергосбережения. Руководства по энергоэффективности действуют в рамках систем энергетического менеджмента.

Вместе с тем, в ряде отраслей повышению энергоэффективности уделяется меньшее внимание, что может быть вызвано устоявшимися отношениями с поставщиками энергоносителей, убеждением, что недавно пущенное в эксплуатацию (смонтированное «под ключ») производство не может обладать резервами энергосбережения, даже с недоверием производителей к рекламной информации поставщиков энергопотребляющего оборудования.

Для того чтобы наилучшая практика в сфере повышения энергоэффективности получила распространение в большем числе секторов экономики и организаций, необходима слаженная систематическая работа регуляторов, экспертов и практиков. Для отечественных предприятий могут и должны быть разработаны отраслевые руководства, подобные тем, что распространены в государствах – членах Европейского Союза, в Соединённых Штатах Америки и Канаде, в Японии и Республике Корея.

Необходимо найти баланс между рекомендациями для энергоменеджеров, онлайн счётчиками, ситуационными исследованиями, отраслевыми анализами резервов энергосбережения и корпоративными решениями, и ноу-хау компаний, которыми они, возможно, не должны делиться, и об этом свидетельствует международный опыт.

Процесс совершенствования документа должен отражать принцип последовательного улучшения – основной принцип

современных систем менеджмента. Последовательно повышается результативность управления организацией и по мере достижения целей в области охраны окружающей среды ставятся все более прогрессивные цели. Так, в самое ближайшее время предстоит актуализировать национальные стандарты в сфере идентификации энергетических аспектов, определения и планирования показателей энергоэффективности, обеспечить гармонизацию терминологии национальных и международных стандартов в сфере обеспечения энергоэффективности.

13. Библиография

1. Луговой А.В. К теории энергосбережения средствами промышленного электропривода // Электротехника, 1999, №5.
2. Аэродинамический расчет газовоздушного тракта котла. А.Н. Хуторной. Томск 2010 г.
3. Аэродинамический расчет котельных установок (нормативный метод). С.И. Мочан. Энергия, Л. 1977 г.
4. Сводные таблицы тепло гидравлических расчетов котельной установки с котлом П-57-3Р (реконструированный) ГРЭС-1. Подольск 2011 г.
5. Технические характеристики оборудования Экибастузской ГРЭС-1 с энергоблоками 500 МВт (II редакция). «Сибтехэнерго». Новосибирск 1984
6. Сводные таблицы аэродинамического расчета котла П-57-3Р (реконструированный) для восстановления энергоблока № 2 ГРЭС-1. ОАО «Подольский машиностроительный завод «ЗиО». Подольск 2011 г.
7. Гидравлический расчет котельных установок. С.И. Мочанов.
8. Клевцов А.А. Средства оптимизации потребления электроэнергии. – М.: Солон-Пресс, 2004.
9. Энергозатраты электроприводов метро при различных системах управления движением и обоснование возможностей энергосбережения. МПС РФ, МГУПС, Кафедра «Электрическая тяга», ведущая организация: Служба подвижного состава Московского метрополитена, 1997.
10. Сацюк В.В. Некоторые аспекты преобразования энергии рекуперации. МЭИ (ТУ), каф.ЭТ, 2007.
11. Энергосбережение в метро уже принесло результат // ЭС-КО. Города в 21 веке, №3-4,2015.
12. Правила тяговых расчетов для поездной работы. МПС СССР ВНИИЖТ. – М: Транспорт, 1985.
13. Гребенюк П.Т., Долганов А.Н., Скворцова А.И. Тяговые расчеты. Справочник, М: Транспорт, 1987.
14. Энергосберегающая технология электроснабжения народного хозяйства: В 5 кн.: Практическое пособие / Под ред. ВА Веникова. Кн. 2. Энергосбережение в электроприводе/ Н.Ф.Ильинский, Ю.В.Рожанковский, А.О.Горнов. – М.: Высшая шк., 1989.

15. Ле Суан Хонг. Анализ и оценка энергетической эффективности альтернативных систем тягового электропривода электропоездов метрополитена // Энергосбережение, информационные технологии и устойчивое развитие: электронное научное издание: сб. материалов Международной научно-технической интернет-конференции. ФГБОУ ВПО «ИжГТУ им. М.Т.Калашникова».-Ижевск, 2014.
16. Электронный ресурс <http://www.energosoвет.ru>. В.А.Храмкин (гл. энергетик Московского метрополитена). Опыт энергосбережения в осветительных установках Московского метрополитена.
17. Электронный ресурс <http://www.kipiasoft.su>. Светодиодное освещение тоннелей и метрополитена как технология энергосбережения.
18. <http://insidernews.ru>.
19. Методические рекомендации по оценке инвестиционных проектов на железнодорожном транспорте. – Москва : МПС России, 1998 г.
20. Методика определения стоимости жизненного цикла и лимитной цены подвижного состава и сложных технических систем железнодорожного транспорта, утвержденная распоряжением ОАО «РЖД» от 27 декабря 2007 г. № 2459р
21. Методика по определению потребных парков локомотивов для освоения прогнозируемых объемов перевозок грузов и пассажиров на долгосрочную перспективу (расп. ОАО «РЖД» от 7 октября 2015 г. № 2393р).
22. Методика расчета численности работников локомотивных бригад ОАО «РЖД», утвержденная распоряжением ОАО «РЖД» от 1 октября 2013 г. № 2105р.

Подписано в печать 10.09.2021 г. Тираж 500 экз.
Формат изд. 60x84/16. Объем 10,5 усл. печ. л.
Отпечатано в типографии “ИП Волкова Е.В.”
г. Алматы, пр. Райымбека 212/1. Тел.: 330-03-12, 330-03-13