

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт химии и энергетики

(наименование института полностью)

Кафедра «Электроснабжение и электротехника»

(наименование)

13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

(код и наименование направления подготовки)

Энергосбережение и энергоэффективность

(направленность (профиль))

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)

на тему Повышение энергетической эффективности вахтового посёлка

Обучающийся

М.А. Бессонов

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Научный

к.т.н., доцент, Ю.В. Черненко

руководитель

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Тольятти, 2023

Содержание

Введение.....	3
1 Анализ существующей схемы энергоснабжения.....	5
1.1 Характеристики объектов.....	6
1.2 Анализ существующей системы освещения.....	15
2 Анализ мероприятий по повышению энергоэффективности посёлка.....	21
2.1 Выбор распределительной схемы.....	21
2.2 Расчёт электрических нагрузок.....	22
2.3 Расчёт системы освещения.....	25
2.4 Расчёт мощности требуемых трансформаторов.....	34
2.5 Расчёт мощности и выбор дизельной электростанции.....	37
2.6 Расчёт компенсирующего устройства.....	42
2.7 Расчёт пусковой аппаратуры.....	45
2.8 Расчёт защитной аппаратуры.....	46
2.9 Расчёт кабельных линий 0,4 кВ.....	47
2.10 Выбор силового электрооборудования.....	49
2.11 Расчётная однолинейная схема сети.....	49
3 Технико-экономическое обоснование проекта.....	52
3.1 Принципы определения энергоэффективности.....	52
3.2 Экономическое обоснование реконструкции системы освещения.....	55
3.3 Экономический эффект от замены трансформаторов.....	58
3.4 Расчёт экономической эффективности установки преобразователей частоты.....	66
Заключение.....	70
Список используемой литературы и список используемых источников.....	72

Введение

Потребление энергоресурсов увеличивается ежедневно, человечество придумывает новые способы преобразования энергии и ее применение в новых сферах деятельности. Да, наука в поисках новых источников энергии, но это может занять 10-летия, а уже сейчас в некоторых странах спрос на электроэнергию превышает предложение и в ближайшем будущем мы столкнемся с нехваткой энергоресурсов для обеспечения привычной жизнедеятельности. На фоне этого произойдет замедление развития всего человечества в целом, так как ресурсы необходимые для исследований будут являться ограниченными.

Единственным способом замедления роста потребления энергии является её экономия, а именно повышение энергоэффективности уже существующих энергоустановок.

Во многих частях России расположены вахтовые поселки. Их строят при месторождениях полезных ископаемых, рыбопромысловых участках и т.д. когда не может быть обеспечено ежедневное возвращение работников к месту постоянного проживания.

Вахтовый поселок - это населённый пункт, представляющий собой комплекс жилых, санитарных, культурно-бытовых и хозяйственных зданий и сооружений, предназначенных для обеспечения жизнедеятельности (кратковременного проживания) работников, привлекаемых к работам вахтовым методом, а также обслуживания строительной техники, автотранспорта и хранения запасов ТМЦ. Согласно трудовому кодексу Российской Федерации, вахтовый поселок должен отвечать определенным требованиям, выполнение которых полностью обеспечивается работодателем, а именно должны присутствовать:

- электро-, водо- и теплоснабжение;
- почтово-телеграфная связь;
- организация питания, отдыха и досуга;

– медицинское, торгово-бытовое и культурное обслуживание.

Для обеспечения энергоресурсами в состав вахтового поселка входят технические средства, которые зависят от целевого назначения и количества потребителей: водоочистные сооружения, канализационные очистные сооружения, котельные, газотурбинные электростанции, дизельные электростанции.

Объектом нашей работы будет являться вахтовый поселок «Северный», расположенный в Ямало-ненецком автономном округе. В связи с тем, что посёлок был построен в начале 90-х годов, большинство энергоснабжающих объектов являются устаревшими.

Энергоэффективность не может существовать без энергосбережения, оба этих направления являются дополнениями друг друга. Ключевым отличием данных понятий является лишь то, что смысл энергоэффективности заключается в максимальном использовании ресурсов, то есть производить больше продукции при том же уровне энергопотребления. А энергосбережение нацелено на производство того же количества продукции, но с меньшими затратами энергии.

Целью работы является повышение энергетической эффективности вахтового поселка.

Для того, чтобы повысить энергетическую эффективность, требуется выполнить ряд определенных задач, а именно:

- проанализировать системы энергоснабжения;
- определить мероприятия по повышению энергоэффективности поселка;
- рассчитать экономическое обоснование применяемых мероприятий.

В число возможных средств повышения энергоэффективности входит автоматизация производственных процессов, замена электрооборудования и осветительных приборов. В процессе работы подробно рассмотрим каждый объект и проведем технико-экономический расчет с целью обоснования целесообразности и необходимости внедрения разработанных мероприятий.

1 Анализ существующей схемы энергоснабжения

Производственные объекты расположены в разных частях поселка это продемонстрировано на рисунке 1. Их электроснабжение выполнено кабельными линиями напряжением 6-10кВ. Они связывают все распределительные пункты и трансформаторные подстанции 10\0,4 кВ с источником электрической. Каждая линия имеет резерв, это связано с категориями надежности потребителей. Отключение любого из объектов дольше чем на время срабатывания АВР может привести к опасности жизнеобеспечения жителей поселка, а также к более масштабным последствиям аварии.

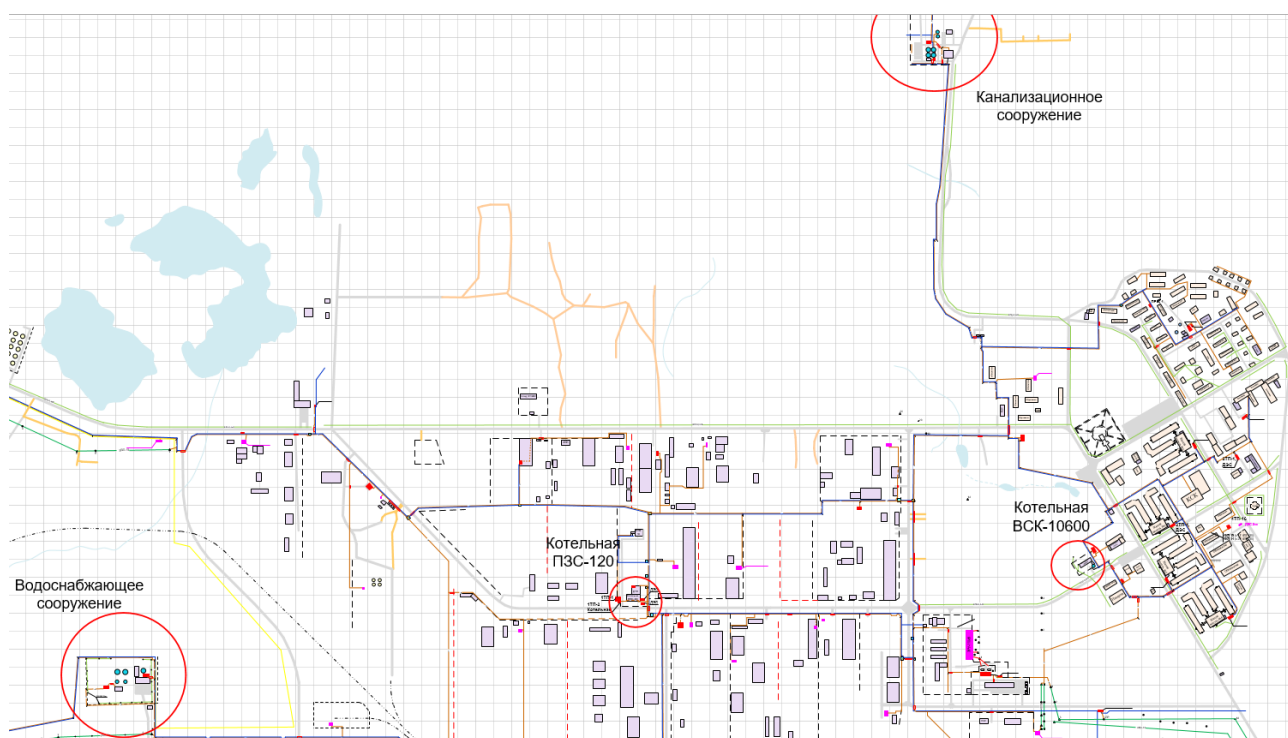


Рисунок 1 - Расположение производственных объектов

Основными потребителями электроэнергии на каждом объекте является освещение и асинхронные электродвигатели.

Используемые потребители электроэнергии имеют низкий коэффициент мощности.

1.1 Характеристики объектов

План водоочистного сооружения показан на рисунке 2. Электроснабжение водоочистного сооружения осуществляется от КТП 10\0,4 кВ 1ТП-6. Данный объект является одним из самых главных для всего месторождения в целом. Производственный процесс осуществляет подачу холодной воды на все удаленные объекты для нужд добычи газового конденсата, жилых и производственных зданий, а также котельных. Нарушение или остановка производственного процесса недопустимо.

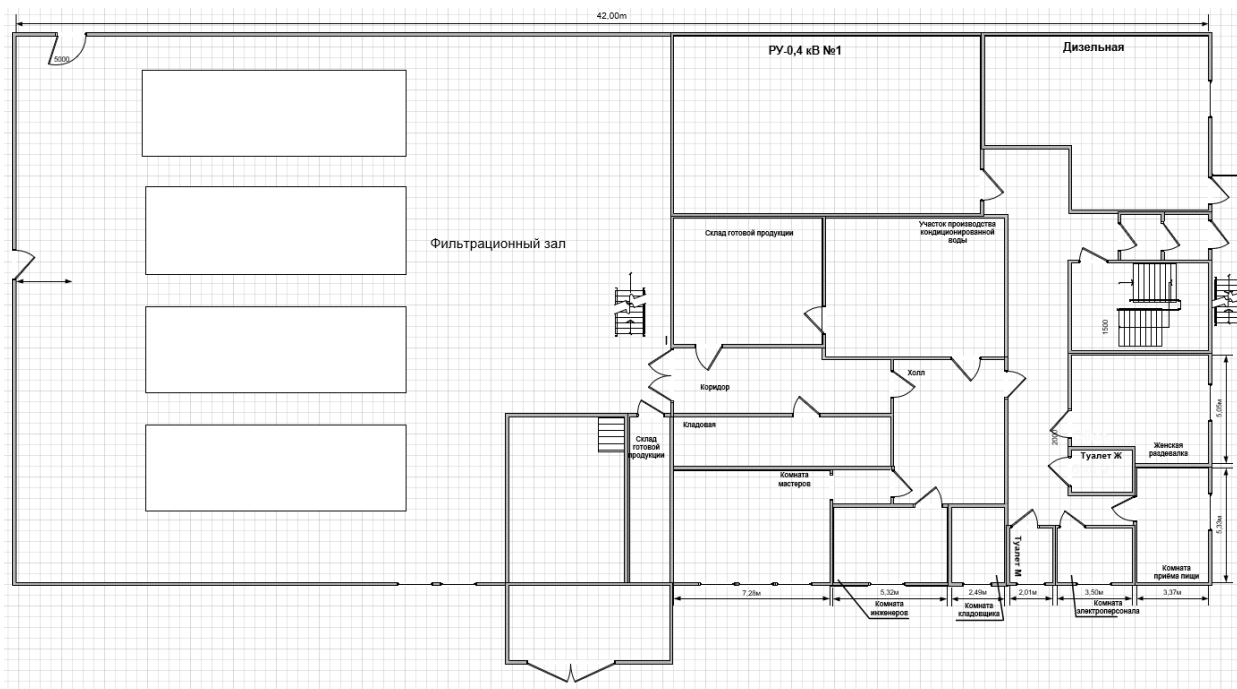


Рисунок 2 – План водоочистного сооружения

Забор воды осуществляется из проходящей рядом реки, при помощи повышающих давление насосов отправляет воду в ВОС, где происходит очистка воды при помощи угольных фильтров и химических реагентов, а

далее отправляется мощными насосами потребителям. Так как объемы воды очень большие, применяемые насосы имеют так же большую мощность, перечень которых представлен в таблице 1. Повторно-кратковременная работа столь мощного оборудования без применения устройств плавного пуска или частотных преобразователей, негативно влияет на техническое состояние электрооборудования и создает значительные пусковые токи способные дестабилизировать эклектическую сеть.

Таблица 1 - Перечень основных электроприемников

Наименование	Мощность подключенных электроприемников, кВт	Ток, А
Насос НРВ-1	160	280
Насос НРВ-2	90	170
Насос НРВ-3	132	240
КНС-1	22	45
НСВ-56	18	33
НТВ 65,2	30	58
НТВ-65,3	30	58
НДВ-25	15	27
В-29	30	58
КНС-2	15	27
НТВ-65.1	18	33
НСВ-57	90	170
НТВ-63	90	170
НТВ-64	90	170
НПВ-24	15	27
НДВ-26	15	27
НПВ-23	15	27
Воздуходувка В-30	30	58
НДВ-26	15	27
Итого:	920	1705

Канализационное очистное сооружение осуществляет очистку сточных вод при помощи микроорганизмов. План здания показан на рисунке 3.

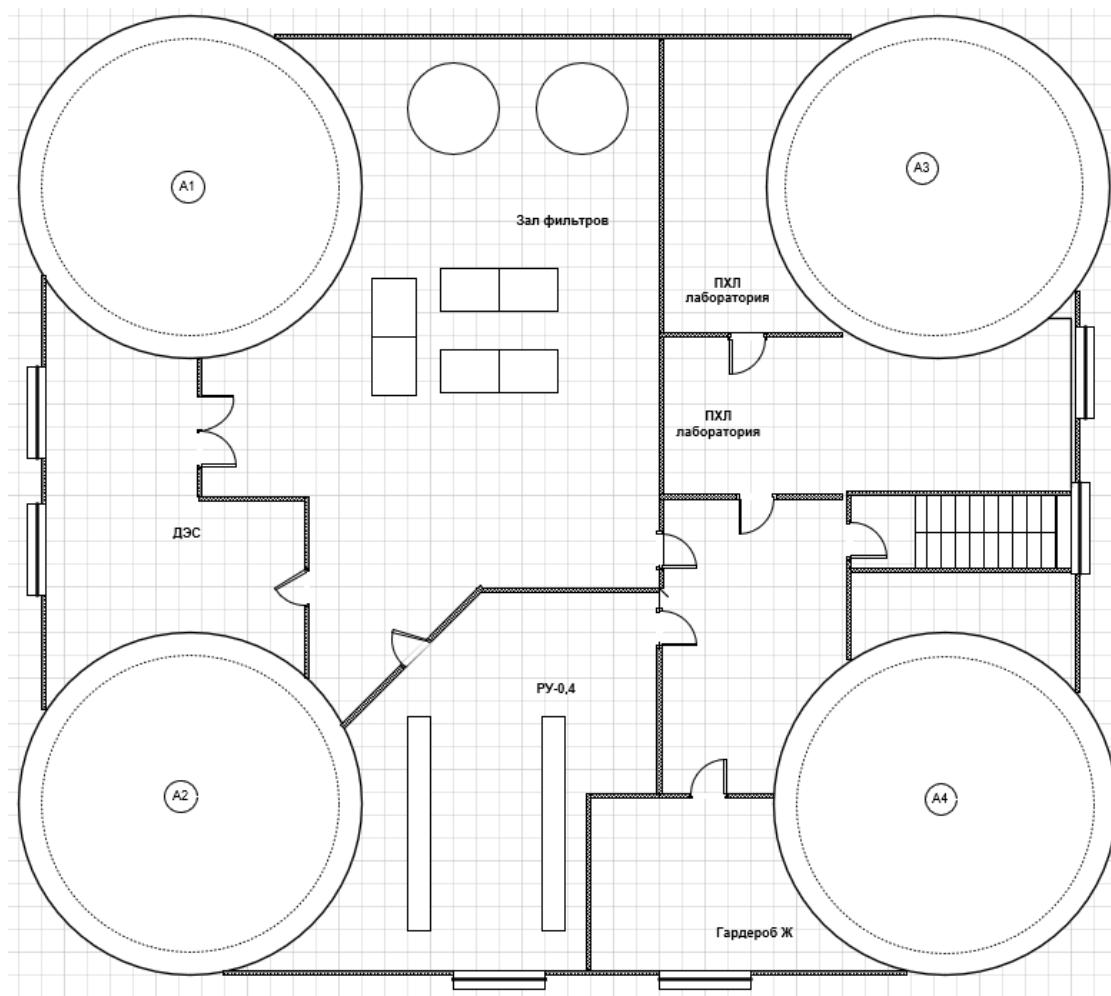


Рисунок 3 – 2-й этаж канализационного очистного сооружения

На территории поселка возле каждого крупного здания или группы небольших зданий, расположена канализационная насосная станция (далее - КНС). КНС оборудована погружным насосом, который работает в автоматическом режиме благодаря датчикам уровня жидкости в емкости. Все стоки, перекачиваемые из КНС, попадают в главную КНС, расположенную вблизи очистного сооружения, откуда в свою очередь происходит перекачивание в аэротенки очистного сооружения для дальнейшей переработки.

Для биологического и физико-химического этапов очистки сточных вод, поступающих в очистные сооружения, необходима аэрация сточных вод - их интенсивное насыщение кислородом, содержащимся в воздухе. Для этого

установлены турбовоздуходувки, мощность которым указана в таблице 2.

Этот процесс обеспечивает:

- жизнедеятельность аэробных бактерий, простейших и многоклеточных организмов, очищающих воду от биологических загрязнений и перерабатывающих их в двуокиси углерода и метан;
- окисление железа и марганца, которые под действием кислорода выпадают в виде осадка и могут быть легко отелены фильтром или специальной мембранной;
- нитрификацию - окисления органических соединений и аммонийного азота;
- удаление токсичных газов, растворенных в воде (аммиак, сероводород).

После очистки, сточные воды сбрасываются в реку. Периодически (1 раз в 4 часа) проводится химический анализ соответствия химического состава воды требуемым нормам.

Таблица 2 - Основные потребители электрической энергии канализационного очистного сооружения

Наименование электроприемника	Мощность, кВт	Ток, А
Турбовоздуходувка №1	110	198
Турбовоздуходувка №2	110	198
Турбовоздуходувка №3	110	198
Турбовоздуходувка №4	110	198
Компрессоры №1-3	11(каждый)	20
Итого	474	654

Котельная ВСК-10600, оборудована 6 котлами – для обеспечения тепловой энергии всей жилой части поселка. Для циркуляции теплоносителя используется насосная группа, состоящая из 6 сетевых насосов, мощность которых указана в таблице 3. План здания представлен на рисунке 4. Данное оборудование работает по переменному току, для создания запасного резерва на случай аварийных ситуаций и проведения плановых ремонтов.

Газ из газопровода подается к горелке котла. Горелка обеспечивает сгорание газа в камере сгорания, выделяющееся в процессе горения тепло нагревает теплоноситель, циркулирующий через теплообменник котла.

Нагретый теплоноситель поступает в распределительный коллектор, который распределяет его по отопительным контурам.

Проходя по отопительным контурам теплоноситель отдает тепло - остывает, после чего по обратной линии подается в котельную для повторного нагрева [13].

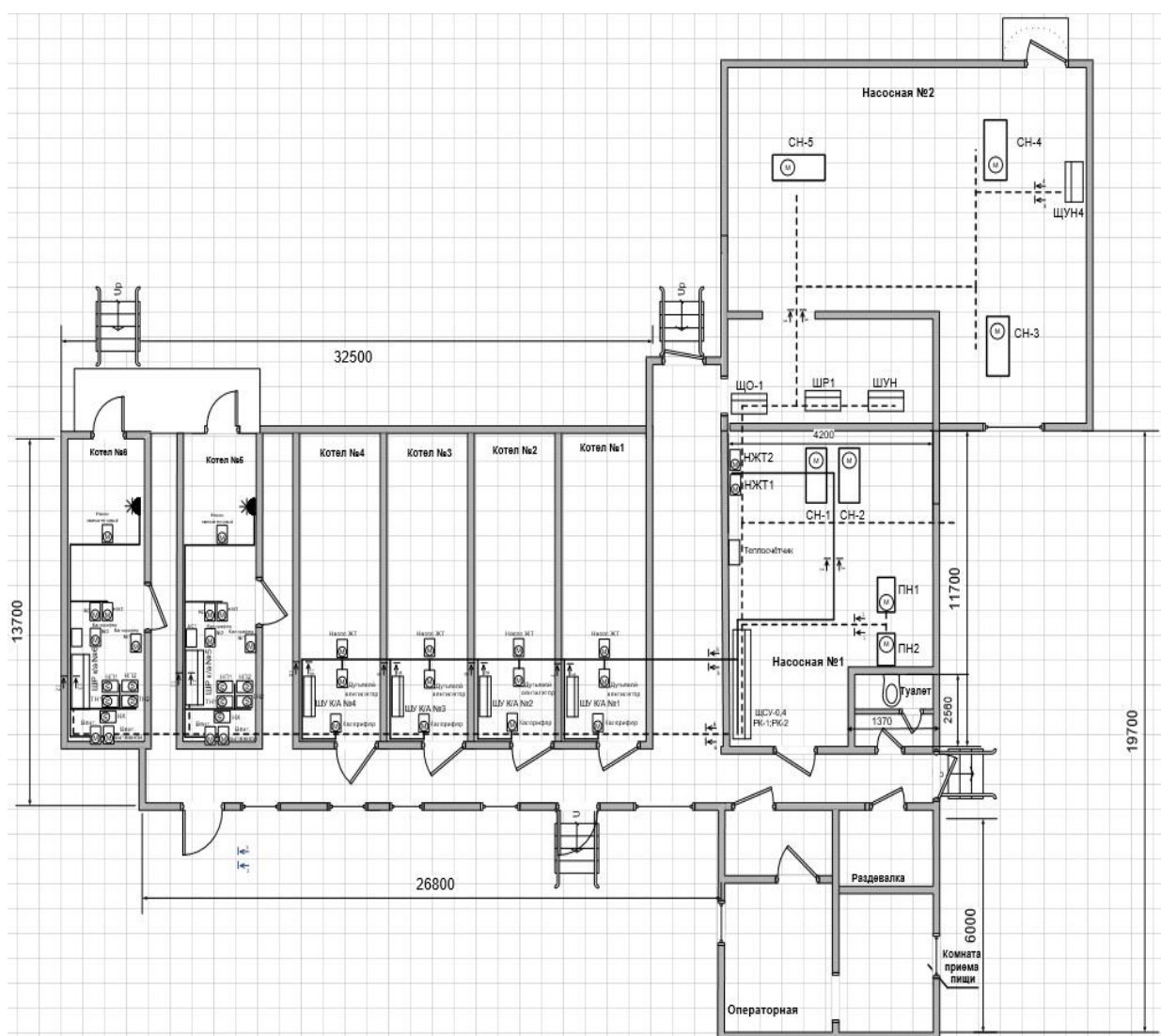


Рисунок 4 – Котельная ВСК -10600

Таблица 3 - Мощность сетевых насосов

Наименование электроприемника	Мощность электроприемника, кВт	Ток, А
СН-1	75	130
СН-2	75	130
СН-3	110	200
СН-4	45	74
СН-5	160	276
СН-6	75	140
Итого	540	950

Принцип работы котельной ПЗС-120 аналогичен ВСК-10600, с отличием в мощности сетевых насосов и перспективами развития в будущем. План здания котельной изображен на рисунке 5. Потребители котельной ПЗС-120 представлены в таблице 4. На данный момент происходит реализация проекта по отказу от данной котельной для промышленной зоны в пользу применения нагрева отопительного контура от газотурбинной электростанции. Такое решение значительно снизит стоимость тепловой энергии и увеличит безопасность работников по причине отказа от опасного производственного объекта.

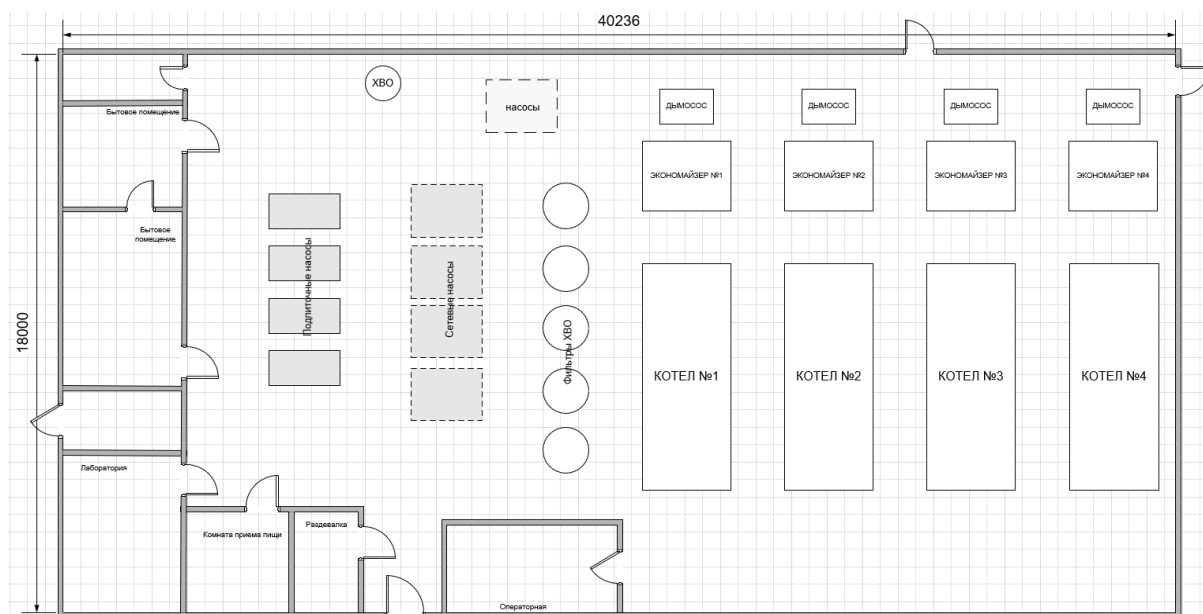


Рисунок 5 - 1-й этаж котельной ПЗС-120

Таблица 4 – Основные потребители эл. энергии котельной ПЗС-120

Наименование	Мощность, кВт	Ток, А
Сетевой насос №1	250	457
Сетевой насос №2	250	457
Сетевой насос №3	250	457
Сетевой насос №4	250	457
Дымосос котла	75	140
Дымосос котла	75	140
Вентилятор котла	45	84
Вентилятор котла	45	84
Дымосос котла	75	140
Дымосос котла	75	140
Вентилятор котла	45	84
Вентилятор котла	45	84
Насос НП-3	55	100
Насос НП-1	55	100
Насос НП-2	30	57
Насос НП-4	11	22
Хим. насос	37	69
Эл. Котёл	45	70
Деаэратор	11	20
Насос исходной воды 1	11	22
Насос исходной воды 1	11	22
Итого	1746	3206

При использовании столь мощных асинхронных двигателей, а также в зависимости от внешних погодных условий целесообразно применение частотных преобразователей, основной перечень преимуществ для работы оборудования от использования ЧП:

- плавный пуск и плавная остановка оборудования;
- эффективная защита от перегрузок и бросков напряжения;
- возможность эксплуатации оборудования с большими номинальными сетевыми напряжениями и токами;
- снижение энергопотребления;
- устойчивость технологического процесса и повышение КПД [7].

Коррекция низкого коэффициента мощности будет выполнена наиболее распространенным способом – применением конденсаторов.

Определим расчетный годовой расход электроэнергии на производственные объекты. Результаты расчета занесем в таблицу 5. Исходные данные примем из таблиц основных потребителей каждого объекта.

Количество электроприемников берем так же из предыдущих таблиц. Основным технологическим оборудованием являются асинхронные электродвигатели (насосы).

Коэффициент потерь, рассчитывается по формуле (1):

$$\varphi = \arccos \cos \varphi \rightarrow tg \varphi. \quad (1)$$

Коэффициент использования оборудования принимаем 0,7, сетевые насосы имеют $K_{и} = 0,6-0,7$.

Рассчитаем по формуле (2) среднюю часовую потребленную активную мощность:

$$P_c = k_{и} \cdot \sum P_{н}, \quad (2)$$

где $K_{и}$ – коэффициент использования;

$\sum P_{н}$ – среднее количество потребляемой активной мощности.

По формуле (3) рассчитаем среднечасовую потребленную реактивную мощность:

$$Q_c = tg \varphi \cdot P_c, \quad (3)$$

где $tg \varphi$ – характеристика потерь;

P_c – средняя часовая потребленная активная мощность.

Полную мощность рассчитаем по формуле (4) и заносим результаты:

$$S_c = \sqrt{P_c^2 + Q_c^2}, \quad (4)$$

где Q_c – средняя часовая потребленная реактивная мощность.

Таблица 5 – Рассчитанные силовые нагрузки

Наименование оборудования	Мощность, кВт	Кол-во, шт.	Cos φ	Tg φ	Ки	Расчётная нагрузка		
						P, кВт	Q, квар	S, кВА
Сетевой насос № 1,2, 6	75	3	0,82	0,7	0,7	157,5	110	192,1
Сетевой насос №4	45	1	0,93	0,4	0,7	31,5	29,3	43,0
Сетевой насос №3	110	1	0,83	0,67	0,7	77	30,8	82,9
Сетевой насос №5	160	1	0,88	0,54	0,7	112	60,5	127,3
Турбовоздуходувка	110	4	0,84	0,65	0,5	220	143	262,4
Компрессор	11	3	0,84	0,65	0,3	9,9	6,4	11,8
Насос НРВ-1	160	1	0,87	0,57	0,7	112	63,8	128,9
Насос НРВ-2	90	1	0,8	0,75	0,6	54	40,5	67,5
Насос НРВ-3	132	1	0,84	0,65	0,4	52,8	34,3	63,0
КНС-1	22	1	0,75	0,88	0,2	4,4	3,9	5,9
КНС-2	15	1	0,84	0,65	0,2	3	2	3,6
НСВ	18	2	0,83	0,67	0,4	14,4	9,6	17,3
НТВ	30	3	0,79	0,78	0,4	36	28,1	45,7
НДВ	15	2	0,84	0,65	0,4	12	7,8	14,3
НСВ	90	3	0,8	0,75	0,5	135	101	168,6
НПВ	15	3	0,84	0,65	0,4	18	11,7	21,5
Воздуходувка В-30	30	1	0,79	0,78	0,5	15	11,7	19,0
Сетевой насос	250	4	0,83	0,67	0,35	350	235	421,6
Дымосос котла	75	4	0,81	0,72	0,4	120	86,4	147,9
Вентилятор котла	45	4	0,81	0,72	0,4	72	51,8	88,7
Насос НП-3	55	2	0,84	0,65	0,5	55	35,8	65,6
Насос НП-2	30	1	0,8	0,75	0,4	12	9	15,0
Насос НП-4	11	1	0,76	0,86	0,3	3,3	2,8	4,3
Хим. насос	37	1	0,81	0,72	0,3	11,1	8	13,7
Эл. Котёл	45	1	0,98	0,2	0,2	9	1,8	9,2
Насос исходной воды	11	2	0,76	0,86	0,5	11	9,5	14,5
Итого	-	-	-	-	-	1707,9	1134,5	2055,3

«Годовое потребление электрической энергии ЭЭтг производственным оборудованием рассчитаем по формуле (5)

$$\text{ЭЭ}_{\text{Т.Г}} = t_{\text{год.об}} \cdot \text{Э}_p, \quad (5)$$

где Э_p – часовой расход соответствующего вида энергии (P, Q, S);

$T_{\text{год.об}}$ – годовой фонд работы производственного оборудования»
[1. с. 32].

Принимаем $T_{\text{год.об}} = 7680$ ч. для насосного оборудования при двухсменном режиме работы (по 12 ч.) без выходных и праздничных дней (исключение остановка котельных на 3 месяца в летнее время).

$$P_{\text{ТГ}} = 7680 \cdot 1707,9 = 13\,116\,672 \text{ кВт},$$

$$Q_{\text{ТГ}} = 7680 \cdot 1134,5 = 8\,712\,960 \text{ квар},$$

$$S_{\text{ТГ}} = 7680 \cdot 2055,3 = 15\,784\,704 \text{ кВА}.$$

Таким образом мы рассчитали общее годовое потребление активной, реактивной и полной мощности всем производственным оборудованием.

1.2 Анализ существующей системы освещения

Освещение на объектах выполнено люминесцентными лампами, ДРЛ и ДНАТ. По причине географического местоположения рассматриваемых объектов, необходимо учитывать сменяемость времени суток (45 дней в году составляет полярная ночь) и применять в расчетах естественное освещение требуется исключительно в целях автоматизации. На рисунке 6 продемонстрирован тип установленных люминесцентных светильников.

«Люминесцентная лампа – газоразрядный источник света. В котором электрический разряд в парах ртути излучает ультрафиолетовое излучение. КПД данных ламп значительно превышает КПД ламп накаливания, однако долгое время эти источники света существовали параллельно. Свечение создается в процессе протекания тока между двумя электродами в инертном газе с примесью паров ртути, ток возбуждает ультрафиолетовое излучение, преобразуемое в видимый свет посредством люминесценции, так как стенки лампы покрыты люминофором» [17. с. 14].



Рисунок 6 – Люминесцентный светильник TL 3017

Основным недостатком лампы является использование ртути, что требует специального хранения и утилизации.

Применение осветительных устройств без предварительного расчета освещенности недопустимо, в целях энергоэффективного использования ресурсов требуется точное понимание какой уровень освещенности необходим для каждого конкретного типа помещения.

Требуемый уровень освещенности рассматриваемых помещений показан в таблице 6.

Данная информация по освещенности применима исключительно в случае необходимости равномерного освещения по всему помещению, для освещенности конкретных рабочих мест применяют индивидуальное освещение, которое повышает его уровень освещенности до нужных показателей.

Таблица 6 – Нормы освещенности помещений

Наименование помещения	Норматив освещенности, Лк
Комнаты отдыха	100
Ванные комнат, туалет	200
Склады и кладовые	100
Пути движения и коридоры	100
Котельные	100
Машинные залы	200
Электрощитовые	200

Определим потребляемую мощность светильников с лампой ДНАТ в зонах машинных залов по формуле (6).

Рассчитанная активная мощность:

$$P = P_p \cdot N, \quad (6)$$

где P_p – активная мощность;

N - количество светильников.

$$P = 250 \cdot 76 = 19 \text{ кВт.}$$

Рассчитаем реактивную мощность по формуле (7):

$$Q_p = P_p \cdot \operatorname{tg} \varphi, \quad (7)$$

где P_p – активная расчётная мощность освещения, кВт,

$\operatorname{tg} \varphi$ – коэффициент мощности. Для $\cos \varphi$ светильников равного 0,8

$\operatorname{tg} \varphi = 0,75$.

$$Q_p = 19 \cdot 0,75 = 14,25.$$

Рассчитаем полную мощность освещения S_p , кВА, по формуле (8):

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}, \quad (8)$$

где P_p – активная мощность, кВт;

Q_p – расчётная реактивная мощность, квар.

$$S_c = \sqrt{19^2 + 14,25^2} = 23,8 \text{ кВА.}$$

Ток освещения вычисляют по формуле (9):

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_H}, \quad (9)$$

где S_p – полная расчётная мощность, кВА;

$U_H=220$ – номинальное напряжение сети, В.

$$I_p = \frac{23800}{\sqrt{3} \cdot 220} = 62,5 \text{ А.}$$

Время работы освещения в течении года примем 6500 ч. Значит за год данный тип светильников потратит электроэнергию, рассчитанную по формуле (10):

$$S_{p.г} = t_{год} \cdot S_p, \quad (10)$$

где $t_{год}$ – период работы искусственного освещения.

$$S_{p.г} = 6500 \cdot 23,8 = 154 \text{ 375 кВА.}$$

В остальных помещениях расположены следующие светильники:

- в помещениях отдыха, рабочих кабинетах TL 3017 2x36 – 398 шт;
- в кладовых и прочих малых помещениях НПП-03-100 – 81 шт;
- в помещениях без отопления НСП-11-200 – 20 шт.

Потребление электричества всеми светильниками представлено в таблице 7.

$$S_{\Sigma \text{осв.г}} = t_{\text{год}} + \sum S_p, \quad (11)$$

где $\sum S_p$ – суммарная расчётная нагрузка всеми светильниками.

$$S_{\Sigma \text{осв.г}} = 6500 \cdot 45,2 = 293\,800 \text{ кВА.}$$

Таблица 7 – Расчётное потребление электричества на освещение

Тип светильника	Количество светильников, шт	Суммарная расчетная нагрузка (часовая)		
		P _p , кВт	Q _p , вар	S _p , кВА
TL 3017 2x36	398	28,6	13,7	31,8
НСП-11-200	20	4	1,9	4,4
НПП-03-100	81	8,1	3,9	9
Итого	499	40,7	19,5	45,2

Используя данные из таблицы, представленной выше, после выполнения расчёта системы освещения на светодиодных светильниках, проведем сравнительный анализ экономичности выбранного освещения.

Выводы по первому разделу.

Подводя итоги проведенного анализа применяемого оборудования, получены следующие результаты:

Общее потребление электричества за год составляет 15 784,7 МВА из них освещение расходует 293 800 кВА.

При низком $\cos\phi$ электроприемников необходимо принимать в расчет поправочный коэффициент для выбора сечения кабеля, соотношение представлено в таблице 8.

Таблица 8 - Соотношение требуемого поперечного сечения проводника с уменьшением коэффициента мощности

Cos F	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3
Сечение	1	1,2	1,6	2,04	2,8	4,0	6,3	11,1

Используемые кабельные линии выработали свой срок службы, но продолжают работать безаварийно, так как при каждом подключении (после

планового ремонта оборудования) производится проверка состояния изоляции и характеристик жил проводов.

Система освещения не подвергалась модернизации длительный период времени. Хотя светодиоды появились достаточно давно, организация не выполнила своевременную замену осветительного оборудования, тем самым переплачивала в течении длительного периода за электроэнергию.

ПРА установленная в щитовых, выработала свой срок и требует актуализации.

Сформулированы задачи:

- рассчитать требуемую мощность силовых трансформаторов;
- произвести выбор резервного источника питания;
- рассчитать требуемые компенсирующие устройства;
- провести расчёт системы освещения с применением современных источников света, а именно светодиодами;
- рассмотреть варианты установки пусковой и защитной аппаратуры.

2 Анализ мероприятий по повышению энергоэффективности посёлка

2.1 Выбор распределительной схемы

Электрический ток, применяемый на производственных объектах, составляет стандартные 50 Гц.

Распределение электроэнергии внутри производственных объектов выполняют по трем схемам:

- магистральной,
- радиальной,
- смешанной.

Выбор определенной схемы заключается в соответствии с категорией надежности потребителей, территориальным расположением, особенностями использования и необходимым требованиям к характеристикам системы [19].

На всех рассматриваемых объектах применим радиальную схему по причине нахождения потребителей электроэнергии в разных направлениях по всем объектам.

Распределительные сети:

- должны обеспечивать требуемое качество электроснабжения потребителей электроэнергии в зависимости от их категории;
- должны быть удобными и надежными в эксплуатации;
- предназначены для использования промышленных и высокоскоростных методов сборки.

Магистральные схемы подходят для высоких уровней тока и могут быть напрямую подключены к трансформатору при низком напряжении без необходимости использования дополнительных устройств. Они предназначены для эффективного распределения электроэнергии между отдельными потребителями. Магистральные цепи универсальны и гибки, что

позволяет подключать различные типы оборудования без необходимости модификации электрических линий.

Радиальная схема используется для подключения потребителей энергии и состоит из сети. Основным преимуществом является возможность отключения электроприемников индивидуально, не нарушая общую систему энергоснабжения. Распределение электроэнергии к отдельным потребителям посредством радиальных соединений осуществляется независимыми кабелями, отходящими от точек питания, расположенных в центре электрических нагрузок для каждой группы потребителей [21].

2.2 Расчёт электрических нагрузок

«Каждой фазе энергетического сетевого распределения соответствует своя электрическая нагрузка. Один из подходов к расчёту - метод упорядоченных графических схем. Для определения активной нагрузки на различных уровнях распределительной и снабжающей системы используются данные о коэффициенте максимального использования и фактической нагрузке» [4. с. 34].

Приближенные методы расчёта могут быть применены при известном количестве потребителей энергии и фактических электрических приёмников. Справочники содержат информацию о коэффициентах использования и мощности для некоторых электропотребителей.

При проектировании освещения зданий предлагается руководствоваться стандартами искусственного освещения, используя данные о применении метода и требуемой освещённости для поверхностей технических объектов. При этом обычными предположениями являются равномерное распределение света, диффузность излучения и средние значения коэффициентов отражения.

По результатам прогнозируемого расхода электроэнергии производится выбор трансформаторов. Так как расчет силовых нагрузок и

освещения был выполнен ранее, рассчитаем нагрузки силовых щитов и внесем результаты в таблицу 9.

Таблица 9 – Расчёт электрических нагрузок

Наименование электроприемников	Кол-во	Установленная мощность		Cosφ/tgφ	Расчетная нагрузка			I _p , А
		Одного ЭП	Всех ЭП		P _p , кВт	Q _p , квар	S _p , кВА	
Водоочистное сооружение								
ЩС-1								
Насос НРВ (1,2,3)	3	(160, 90, 132)	382	0,83/0,6	218,8	138,7	259,4	394,6
НТВ (65,2., 65,3)	2	30	60	0,79/0,78	24	19,3	31,5	47,9
Итого	5	-	442	-	242,8	158	290,9	442,5
ЩС-2								
НСВ (56, 57)	2	18	36	0,83/0,67	14,4	9,6	17,3	26,3
НДВ (25, 26, 15)	3	15	45	0,84/0,65	18	11,7	21,5	32,7
Воздуходувка В-29 (30)	2	30	60	0,79/0,78	30	23,4	38	57,8
КНС-1	1	22	22	0,75/0,88	4,4	3,9	5,9	8,97
Итого	8	-	163	-	66,8	48,6	82,7	125,7
ЩС-3								
Воздуходувка В-30	1	30	30	0,84/0,65	3	2	3,6	5,5
НТВ 65,1 (63, 64)	2	90	180	0,8/0,75	135	101	168,6	256,5
НПВ-24 (23)	3	15	45	0,84/0,65	12	7,8	14,3	21,7
Итого	6	-	315	-	150	110,8	186,5	283,7
ЩО-1								
Розетки	-	-	-	-	-	-	-	-
Итого	-	-	-	-	2,55	0,841	2,685	7,06
ЩО-2								
Розетки	-	-	-	-	-	-	-	-
Итого	-	-	-	-	3,175	1,047	3,343	8,8
Итого по ВОС	-	-	-	-	465,3	319,3	566,1	867,7
Канализационное очистное сооружение								
ЩС-1								
Турбовоздуходувка №1, 2	2	110	220	0,84/0,65	110	71,5	131,2	199,6
ЩС-2								
Турбовоздуходувка № 3, 4	2	110	220	0,84/0,65	110	71,5	131,2	199,6
ЩС-3								
Компрессор № 1-3	3	11	33	0,84/0,65	9,9	6,4	11,8	17,95
ЩО-1								
Розетки	-	-	-	-	-	-	-	-

Продолжение таблицы 9

Наименование электроприемников	Кол-во	Установленная мощность		Cosφ/tgφ	Расчетная нагрузка			Расчетная нагрузка Qp, квар
		Одного ЭП	Всех ЭП		Pp, кВт	Qp, квар	Pp, кВт	
Итого	-	-	-	-	5,464	2,587	6,385	16,8
Итого по КОС	-	-	-	-	235,4	152	280,6	433,9
Котельная ВСК-10600								
ЩС-1								
СН № 1, 2, 6	3	75 (110)	260	0,82/0,7	182	121,9	215,7	328,1
ЩС-2								
СН № 4-6	3	45 (160, 75)	280	0,83/0,6	196	131,3	233,8	355,6
ЩО-1								
Розетки	-	-	-	-	-	-	-	-
Итого	-	-	-	-	1,1	0,363	1,158	3,05
Итого по ВСК-10600	-	-	-	-	379,1	253,6	450,7	686,8
Котельная ПЗС-120								
ЩС-1								
Сетевой насос № 1-2	2	250	500	0,83/0,67	175	117,5	210,8	320,6
Дымосос котла	2	75	150	0,81/0,72	60	43,2	73,95	112,5
Вентилятор котла	2	45	90	0,81/0,72	36	25,9	32,8	49,9
Итого	6	340	740	-	271	186,6	317,6	483
ЩС-2								
Сетевой насос № 3-4	2	250	500	0,83/0,67	175	117,5	210,8	320,7
Дымосос котла	2	75	150	0,81/0,72	60	43,2	73,95	112,5
Вентилятор котла	2	45	90	0,81/0,72	36	25,9	32,8	49,9
Итого	6	340	740	-	271	186,6	317,6	483
ЩС-3								
Насос НП 1, 3	2	55	110	0,84/0,65	55	35,8	65,6	99,8
Хим. Насос	1	37	37	0,81/0,72	11,1	8	13,7	20,8
Эл. Котёл	1	45	45	0,98/0,2	9	1,8	9,2	14
Итого	4	137	192	-	75,1	45,6	88,5	134,6
ЩС-4								
Насос НП 2, 4	2	30, 11	41	0,78/0,74	15,3	11,8	19,3	29,3
Деаэратор	1	11	11	0,76/0,86	11	9,5	14,5	22,1
Насос исходной воды	2	11	22	0,75/0,88	4,4	3,9	5,9	9
ЩО-1								
Освещение	-	-	-	-	0,33	0,89	0,98	2,59
ЩО-2								
Розетки	-	-	-	-	-	-	-	-
Итого	-	-	-	-	1,57	0,52	1,65	4,35
Итого по ПЗС-120	-	-	-	-	649,7	445,41	765,9	1168

Таким образом мы имеем данные для дальнейших расчётов, а также выполнения сравнительного анализа экономичности выбранного оборудования и устройств.

2.3 Расчёт системы освещения

«Исторически сложилось так, что преобладающим критерием для систем освещения была равномерность освещенности на рабочем месте. Однако в настоящее время этот подход признан неэффективным с точки зрения энергопотребления. Например, в условиях офиса вся площадь комнаты на уровне столешницы считалась рабочей зоной с уровнями освещенности от 300 до 500 люкс в зависимости от того, связана ли задача с работой за компьютером или бумажными задачами. Следовательно, было установлено значительное количество светильников, чтобы обеспечить высокий уровень освещенности во всем пространстве, независимо от конкретных требований к освещению. В настоящее время такая энергетическая неэффективность считается неприемлемой» [9. с. 34].

Достижение оптимальных условий освещения в зданиях влечет за собой интеграцию как естественного, так и искусственного освещения, тем самым подчеркивая значимость комбинированных световых решений. При проектировании освещения следует отдавать приоритет минимизации общего энергопотребления здания при одновременном обеспечении адекватных уровней освещенности.

На выбор источников света влияют различные факторы, такие как световой поток, долговечность и возможности цветопередачи. Люминесцентные лампы получили широкое распространение во внутренних помещениях из-за их высокого светового потока, длительного срока службы и относительно хорошей цветопередачи. Эти лампы особенно подходят для сценариев, требующих точного различения цветовых оттенков, на производственных объектах с высокоточными технологическими

операциями, в помещениях без естественного освещения, где постоянно присутствует человек, и в помещениях, где необходимо создать оптимальные условия видимости. Соответствующие типы люминесцентных ламп выбирают исходя из конкретного назначения освещаемых помещений и характера выполняемых в них задач.

В помещениях административных, общественных и производственных зданий, где не предъявляются повышенные требования к цветопередаче, рекомендуется применять лампы ЛБ, известные своей высокой светоотдачей. С другой стороны, лампы накаливания продолжают служить распространенными источниками света для широкого применения благодаря их доступности, простоте обслуживания, компактному размеру и нечувствительности к условиям окружающей среды. Несмотря на более низкий световой поток и общую более низкую световую отдачу по сравнению с люминесцентными лампами, лампы накаливания остаются популярными вариантами освещения из-за низкой стоимости [30].

Самым современным источником света являются светодиодные лампы, работа которых основывается на протекании тока через полупроводник.

Выбор типа светильника играет решающую роль в обеспечении надежной работы и экономичности осветительного оборудования. При выборе системы освещения следует учитывать несколько факторов, в том числе условия эксплуатации, в которых будет использоваться светильник, учитывая цвет стен/пола/потолка помещения, высоту потолков и т.д. Неправильный выбор светильника, функционально подходящего для внешних условий эксплуатации, может привести к повышенному накоплению пыли (в запыленных помещениях), что приведет к снижению излучаемой светоотдачи. В пожароопасных или опасных зонах неправильный выбор светильника может потенциально привести к чрезвычайной ситуации

Ошибочное определение типа светильника и его яркости, может привести к перерасходу электроэнергии или недостаточности уровня

освещенности. В подобных обстоятельствах предпочтительны светильники с высокой эффективностью, даже если они влекут за собой более высокие первоначальные затраты. Эти дополнительные расходы компенсируются энергосбережением, достигаемым за счет снижения потребления электроэнергии.

При определении оптимальных электрических аппаратов для освещения внутренних помещений, с учетом их функциональных требований, необходимо учитывать важный аспект классификации светильников - их дистрибуцию света в пространстве и форму кривых источника света.

Электротехническая отрасль производит широкий спектр светильников, отличающихся светотехническими и эксплуатационными характеристиками. В каталогах светильников предоставляются технические данные для каждого типа, включая информацию о классе светораспределения и форме кривой световой мощности, что позволяет применять их при проектировании освещения в соответствующих условиях.

При реализации системы общего освещения имеется возможность размещать светильники над освещаемой поверхностью с применением двух методов: равномерного и локализованного освещения. В случае необходимости в распределенном освещении светильники располагают в правильных геометрических формах, если рабочие места индивидуальные, то общую освещенность помещения можно снизить для экономии электроэнергии, а для конкретных рабочих мест сделать личное освещение с требуемым уровне освещенности.

Управление освещением.

Реализация управления общим освещением может осуществляться различными методами в сфере электротехники. Местное управление освещением может быть осуществлено с помощью выключателей, установленных у входов в помещение как внутри, так и снаружи. Централизованное управление освещением, в свою очередь, обычно

осуществляется через осветительные щитки с автоматическими выключателями, которые обеспечивают защиту групповых линий [14].

Автоматическое управление освещением предоставляет возможность включения и выключения освещения без участия человека, согласно заданному суточному режиму. Это применяется в наружном освещении, освещении лестничных клеток, коридоров жилых и административных зданий, а также на некоторых предприятиях.

Для лестничных клеток и коридоров также используется система кратковременного включения светильников с помощью автоматических выключателей с заданным временным интервалом до 5 минут, помимо выключателей с временным интервалом применяются системы с датчиками присутствия человека. Данная система более значительно автоматизирует систему освещения повышая экономичность за счет использования источников света только во время нахождения человека непосредственно в рабочей зоне. Автоматические выключатели устанавливаются при входе в здание, на лестничных площадках и в коридорах у выходов из помещений.

Выбор методов управления освещением осуществляется с учетом удобства эксплуатации, простоты и экономичности.

В данном проекте управление освещением предусмотрено через осветительные щитки с автоматическими выключателями, установленными у входов в помещение. Некоторые щиты оснащаются реле времени.

Выполним расчет освещения для комнаты мастеров на объекте водоочистного сооружения по методу коэффициента использования светового потока.

Помещение имеет размеры: 7280x5330 высота помещения 3,5 м.

Уровень освещенности примем для офисного помещения $E=200$ лк.

Выбираем 3 светильника DPO 02-35-40 (Светодиодный) 35 Вт, 4050 лМ, технические характеристики которого представлены в таблице 10.

Таблица 10 - Технические характеристики светильника

Характеристика	Значение
Класс защиты	II
Ширина	114 (мм)
Мощность лампы	35 (Вт)
Цоколь (патрон) лампы	Прочее
Световой поток	4320 (лм)
Цветовая температура	4000 (К)
Цвет корпуса	Белый
Тип управляющего аппарата (ПРА)	LED-драйвер (блок питания для светодиодов)
Подходит для подвешного монтажа	Да
Длина	1186 (мм)
Высота/глубина	41 (мм)
Материал корпуса	Пластик
Тип лампы	Светодиод.
Тип светильника	Светильник с плафоном/рассеивателем
Предельная температура	-40...40 (°C)
Цвет плафона/крышки	Белый
Выход светового потока	Прямой
Светораспределение	Симметричный
Материал плафона/рассеивателя	Пластик опаловый
Номинальное напряжение	176...264 (В)
Степень защиты (IP)	IP20
С ламп. в комплекте	Да
Количество ламп (источников света)	2
Подходит для монтажа на стену	Да
ПРА в комплекте	Да
Средний номинальный срок службы	40000 (ч)
Категория цветности света	Нейтральная холодно-белая (3300-5300 К)

В соответствии со справочником определим коэффициенты отражения помещения: $\rho_{\text{п}}=50\%$, $\rho_{\text{с}}=30\%$, $\rho_{\text{пол}}=10\%$. Более светлые помещения соответственно имеют коэффициенты отражения выше и тем самым для них потребуется меньше источников искусственного освещения

Найдём индекс по формуле (12):

$$i = \frac{A \cdot B}{N_p \cdot (A + B)}, \quad (12)$$

где A - длина помещения;
 B - ширина помещения;
 H_p - высота помещения.

$$i = \frac{7,28 \cdot 5,33}{3,5 \cdot (7,28 + 5,33)} = 0,879.$$

Зная индекс, мы можем принять коэффициент использования светового потока $n = 0,49$.

Количество светильников рассчитаем по формуле (13):

$$N = \frac{E_{min} \cdot k \cdot S \cdot Z}{\Phi_{II} \cdot n \cdot \eta}, \quad (13)$$

где E_{min} – минимальный уровень освещенности (200 лм);
 K – коэффициент запаса (светодиодных светильников = 1,3);
 S – площадь помещения (38,8 кв.м);
 Z – коэффициента неравномерности освещения. Примем $Z = 1,1$;
 Φ_{II} – световой поток светильника (4050 Лм);
 n – количество ламп в светильнике ($n=2$);
 η – коэффициент использования светового потока.

$$N = \frac{200 \cdot 1,3 \cdot 38,8 \cdot 1,1}{4050 \cdot 2 \cdot 0,49} = 2,79.$$

Принимаем $N=3$

Рассчитаем мощность активную:

$$P = P_p \cdot N = 35 \cdot 3 = 0,105 \text{ кВт}, \quad (14)$$

где P_p – активная мощность светильника.

Реактивная мощность освещения Q_p , квар, рассчитывают по формуле (15):

$$Q_p = P_p \cdot \operatorname{tg}\varphi, \quad (15)$$

где $\operatorname{tg}\varphi$ – коэффициент мощности. (Для $\cos\varphi 0,95$, $\operatorname{tg}\varphi = 0,32$.)

$$Q_p = 0,105 \cdot 0,32 = 0,0336 \text{ квар.}$$

Полную мощность рассчитаем по формуле (16):

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}, \quad (16)$$

где P_p – активная мощность светильника;

Q_p – реактивная мощность светильника.

$$S_p = \sqrt{0,105^2 + 0,0336^2} = 0,11 \text{ кВА.}$$

Ток освещения I_p , вычисляют по формуле (17):

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_H}, \quad (17)$$

где U_H – номинальное напряжение сети, В,

S_p – полная мощность светильника.

$$I_p = \frac{110}{\sqrt{3} \cdot 220} = 0,289 \text{ А.}$$

Результаты вычислений всей системы освещения сведем в таблицы 11 и 12. А также дополним таблицу 9 рассчитанной мощностью освещения, розеточную группу в расчётах мощности учитывать не будем.

Таблица 11 – Расчётное освещение помещений

Наименование помещения	Требуемая освещенность, лк	Площадь помещения, кв.м.	Тип светильника	Кол-во светильников
ВОС				
Фильтрационный зал	200	795	DSP 02-35-40	19
			DKU 01-90-45	6
Склад готовой продукции	50	48	DSP 02-35-40	3
РУ-0,4 кВ	100	130	DPO 02-35-40	8
Дизельная	100	48	DPO 02-35-40	3
Участок производства кондиционированной воды	200	64	DSP 02-35-40	6
Коридор	50	27	LE-03-033-20Д 8359	5
Холл	50	25	DPO 02-35-40	4
Кладовая	30	26	DSP 02-35-40	2
Комната мастеров	200	38,8	DPO 02-35-40	3
Туалет мужской	50	6	DPO 02-35-40	1
Туалет женский	50	6	DPO 02-35-40	1
Женская раздевалка	50	15	DPO 02-35-40	2
Комната приема пищи	200	15,5	DPO 02-35-40	3
КОС				
ТРП	100	40	DPO 02-35-40	4
Помещение обработки ила	100	94,5	DPO 02-35-40	9
Кладовая	30	4,5	DPO 02-35-40	1
Хлораторная	200	9	DPO 02-35-40	3
Зал фильтров	150	195	DPO 02-35-40	17
Лаборатория	400	48	DPO 02-35-40	9
Дизельная	150	25	DPO 02-35-40	3
РУ-0,4	100	40	DPO 02-35-40	4
Помещение барабанных фильтров	200	45	DPO 02-35-40	10
Аэротенки (1-4)	200	29	DPO 02-35-40	6x4
Компрессорная	150	11,25	DPO 02-35-40	3
Операторная	300	20	LE-03-033-20Д 8359	8
Комната приема пищи	200	18	DPO 02-35-40	4
Ванная комната	50	6	DPO 02-35-40	1
Котельная ВСК-10600				
Операторная	300	15	LE-15-033 8198	3
Насосная 1	150	96	LE-15-033 8198	5
Насосная 2	150	120	LE-15-033 8198	6

Продолжение таблицы 11

Наименование помещения	Требуемая освещенность, лк	Площадь помещения, кв.м.	Тип светильника	Кол-во светильников
Помещение котлов (1-6)	100	27	LE-15-033 8198	3x6
Гардеробная	50	6	LE-15-033 8198	1
Котельная ПЗС - 120				
Бытовое помещение	200	12	LE-15-033 8198	2
Лаборатория	400	22,5	LE-03-033-20Д 8359	5
Комната приема пищи	200	10,5	LE-15-033-65Д 8467	2
Раздевалка	50	6	LE-15-033-65Д 8467	1
Операторная	300	8	LE-03-033-20Д 8359	3
Зал котельной	150	648	LE-15-033-65Д 8467	35
			LE-СБУ-22-050-67Х	5
Комната персонала эл.	100	15	LE-15-033-65Д 8467	2

Таблица 12 – Расчёт энергопотребления освещением

Тип Светильника	Кол-во светильников	Расчетная нагрузка			Расчетный ток, А
		P _p , кВт	Q _p , вар	S _p , кВА	
ВОС					
DSP 02-35-40	30	2,1	0,693	2,211	5,82
DKU 01-90-45	5	0,45	0,148	0,474	1,25
DPO 02-35-40	43	3,01	0,993	3,169	8,34
LE-03-033-20Д 8359	5	0,165	0,054	0,174	0,46
КОС					
DPO 02-35-40	74	5,2	1,716	5,476	14,41
LE-03-033-20Д 8359	8	0,264	0,871	0,91	2,39
ВСК-10600					
LE-15-033 8198	31	1,1	0,363	1,158	3,05
ПЗС-120					
LE-15-033 8198	2	0,07	0,023	0,074	0,19
LE-03-033-20Д 8359	8	0,264	0,871	0,91	2,39
LE-15-033-65Д 8467	40	1,32	0,436	1,39	3,66
LE-СБУ-22-050-67Х	5	0,25	0,083	0,263	0,69
Итого объектам	-	14,193	6,251	16,21	42,66

Проведенная работа по реконструкции системы освещения, в сравнении показала, что общее потребление электроэнергии снизится с 45,2 кВА до 16,2 кВА, а ток с 118,95 А до 42,66 А. Тем самым разница составляет 2,8 раза, а значит выполнение данного мероприятия является целесообразным.

2.4 Расчёт мощности требуемых трансформаторов

Количество трансформаторов определяется категорией надежности электроснабжения.

Существует 3 категории надежности энергообъектов, 1-я категория имеет особую группу.

Согласно правилам устройства электроустановок, к первой группе относятся наиболее важные потребители электроэнергии, нарушением электроснабжения которых может повлечь за собой ущерб предприятиям, нарушение сложного тех. Процесса, угроза для жизни людей, угрозу для государства и нарушением телефонной и телевизионной связи. К особой группе 1-й категории относятся электроприемники нарушение работы которых может привести к угрозам жизни людей, а также взрывам и пожарам. Такие электроприемники должны обеспечиваться помимо двух независимых источников питания, третьим резервным источником питания (роль которого могут выполнять аккумуляторные батареи, дизельные электростанции и т.д.).

К 2-й категории относятся объекты нарушением работы которых может привести к простою рабочих мест, промышленного транспорта, массовым недоотпуском продукции. Электроприемники этой категории должны иметь два независимых источника питания, перерыв электроснабжения допустим на время, которое требуется дежурной бригаде для переключения источника питания.

К 3-й категории электроснабжения относятся электроприемники, не вошедшие в предыдущие группы. Это объекты, перерыв электроснабжения которых не вызывает значительного ущерба, допускается перерыв на время замены вышедшего из строя оборудования, но не более суток [12].

На данный момент для питания объектов установлены трансформаторы представленные в таблице 13, но срок их эксплуатации давно закончился и требуется процедура замены:

Таблица 13 – Фактически установленные трансформаторы

Объект	Тип трансформатора
Водоочистное сооружение	2х ТМ 1600/10/0,4
Канализационное-очистное сооружение	2х ТМ 630/10/0,4
Котельная ВСК-10600	2х ТМ 1000/10/0,4
Котельная ПЗС-120	2х ТМ 1600/10/0,4

Рассматриваемые объекты относятся к 1 категории особой группы электроприемников по причине снабжения водой газовых промыслов по добыче газа и обеспечением жизнедеятельности жителей поселка тепловой энергией. Электроснабжение обеспечивается по двум независимым источникам, а резервным источником являются дизельные электростанции.

Рассчитаем мощность трансформаторов по максимальной расчетной нагрузке:

$$S_{\text{тр}} = \frac{P_{\text{рmax}}}{N \cdot \beta_{\text{T}} \cdot \cos\varphi'} \quad (18)$$

где $S_{\text{тр}}$ – расчётная мощность трансформатора;

$P_{\text{рmax}}$ – максимальная мощность объекта;

N – число трансформаторов;

β_{T} – коэффициент загрузки трансформатора.

По справочнику определяем коэффициент загрузки трансформатора V_T – 0,95.

Определим мощность трансформаторов для водоочистного сооружения:

$$S_{\text{ном.тр}} = \frac{566,1}{1 \cdot 0,95 \cdot 0,85} = 707 \text{ кВА},$$

По справочнику выбираем трансформатор типа ТМ-1000/10/0,4

Рассчитаем коэффициент загрузки в нормальном режиме:

$$K_3 = \frac{P_{p \max}}{S_{\text{в.тр}}}, \quad (19)$$

где $S_{\text{в.тр}}$ – мощность выбранного трансформатора.

$$K_3 = \frac{566,1}{1000} = 0,566.$$

Произведем проверку перегрузочной способности трансформатора исходя из полученных ранее расчётов:

$$\begin{aligned} 1,4S_{\text{в.тр}} &> 0,75P_{\text{рmax}}, & (20) \\ 1,4 \cdot 1000 &> 0,75 \cdot 566,1, \\ 1400 &> 424,6 \end{aligned}$$

По итогам расчётов принимаем трансформатор ТМ 1000/10/0,4 для установки на объект ВОС, в соответствии с категорией надежности электроснабжения трансформаторов должно быть 2.

Внесем в таблицу 14 типы трансформаторов по объектам.

Таблица 14 – Выбранные к установке трансформаторы

Производственный объект	Тип трансформатора
Водоочистное сооружение	2х ТМ 1000/10/0,4
Канализационное-очистное сооружение	2х ТМ 400/10/0,4
Котельная ВСК-10600	2х ТМ 630/10/0,4
Котельная ПЗС-120	2х ТМ 1000/10/0,4

Так как объект ВОС и все остальные относятся к 1-й особой категории электроприемников, требуется третий резервный источник питания. В качестве данного источника применим дизельные электростанции.

2.5 Расчет мощности и выбор дизельной электростанции

Применение в работе дизельной электростанции (далее - ДЭС) обусловлено категорией надежности электроснабжения рассматриваемых объектов, которая, как мы рассматривали в предыдущей главе, определяется как первая особая. Выполним расчёт ДЭС для электроснабжения объекта ВОС исходя из следующих данных [25]:

- расчётная нагрузка – 456,3 кВт;
- преимущественный характер нагрузки – индуктивный, $\cos\varphi=0,82$;
- режим использования ДЭС – резервный источник питания;
- t° окружающей среды - -60 °С - +30 °С;
- автоматизация 2-й степени, автоматическое управление;
- требований по шумовым характеристикам – шумоизоляция помещения установки;
- место установки – отдельно стоящий металлический контейнер;
- система питания топливом – основной бак + дополнительный с системой перекачки обеспечивающий непрерывный режим работы в номинальном режиме на протяжении 24 часов [6];

При расчётах мощности ДЭС необходимо учитывать потери мощности в сети и собственный нужды. Номинальная нагрузка в таком случае составит:

$$P_{\text{ном.расч}} = P_{\text{расч}} \cdot \frac{k_{\text{пот}}}{k_{\text{с.н}}}, \quad (21)$$

где $k_{\text{пот}}$ – коэффициент потерь в сетях; $k_{\text{пот}} = 1,05$;

$k_{\text{с.н}}$ – коэффициент расхода электроэнергии на собственные нужды ДЭС $k_{\text{с.н}}=0,97$.

$$P_{\text{ном.расч}} = 456,3 \cdot \frac{1,05}{0,97} = 493,9 \text{ кВт.}$$

Полная расчётная мощность составит:

$$S_{\text{ном.расч}} = \frac{P_{\text{ном.расч}}}{\cos\varphi}, \quad (22)$$

где $P_{\text{ном.расч}}$ – расчётная нагрузка.

$$S_{\text{ном.расч}} = \frac{493,9}{0,82} = 602,3 \text{ кВА.}$$

При непрерывной работе производители рекомендуют, что бы нагрузка ДЭС не превышала 60-80% в целях длительного срока службы. При использовании ДЭС в роли резервного источника энергии мощность нагрузки должна быть в пределах 70-90% от номинальной мощности [16].

Следовательно, при выборе мощность ДЭС должна быть в 1,11-1,43 раза больше номинальной нагрузки.

Рассчитаем мощность с поправочным коэффициентом:

$$P_{\text{max.рас}} = P_{\text{max.расч}} \cdot k_{\text{max}}, \quad (23)$$

где k_{max} – коэффициент достижения максимального срока службы.

$$P_{max.рас} = 493,9 \cdot 1,2 = 592,7 \text{ кВт.}$$

Полная мощности с поправочным коэффициентом рассчитывается:

$$S_{max.расч} = \frac{P_{max.расч}}{\cos\varphi}, \quad (24)$$
$$S_{max.расч} = \frac{592,7}{0,82} = 722,8 \text{ кВА.}$$

По полученным результатам окончательно выбираем ДЭС мощность которой лежит в диапазоне – 600 кВт\750 кВА.

Наиболее мощный электродвигатель объекта – 160 кВт Насос НРВ 0,4 кВ с кратностью пускового тока $k_{кр}=7$. Соответственно запас мощности должен быть:

$$P_{пик.нрв} = P_{нрв} \cdot k_{кр}, \quad (25)$$

где $P_{нрв}$ – мощность электродвигателя НРВ;

$k_{кр}$ – кратность пускового тока двигателя.

$$P_{пик.нрв} = 160 \cdot 7 = 1120 \text{ кВт.}$$

Чтобы ДЭС обеспечивала пиковую нагрузку, должно выполняться условие $P_{пик} \leq P_{пер.ДЭС}$, где $P_{пик.нрв}$ – пиковая мощность нагрузки, $P_{пер.ДЭС}$ – перегрузочная способность ДЭС.

«В соответствии с СО 153-34.20.501-2003 «Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации» п. 5.1.23. длительная перегрузка генераторов по току сверх значения, допустимого при данных температуре и давлении охлаждающей среды, запрещается. В энергосистемах допускаются кратковременные перегрузки

генераторов по току статора при указанной в табл. 5.1 кратности тока, отнесенной к номинальному значению:

- перегрузка 10% в течение 1 часа, 15% в течении 15 мин., 20% в течении 6 мин., 25% в течении 5 мин., 30% в течении 4 мин., 40% в течении 3 мин., 50% в течении 2мин., 100% в течении 1 мин.» [20, с. 148].

Номинальная расчетная нагрузка без наибольшего двигателя составит:

$$P_{\text{ном.расч1}} = (456,3 - 160) \cdot \frac{1,05}{0,97} = 321,2 \text{ кВт.}$$

Максимальная расчётная нагрузка с учетом перегрузки ДЭС токами наибольшего двигателя и последовательным запуском двигателей составит:

$$P_{\text{пик.}} = P_{\text{ном.расч1}} + P_{\text{пик.нрв}}, \quad (26)$$

$$P_{\text{пик.}} = 321,2 + 1120 = 1441,2 \text{ кВт.}$$

Требование $P_{\text{пик.нрв}} \leq P_{\text{пер.ДЭС}}$, не выполняется $1441,2 \leq 600 \times 2 = 1200 \text{ кВт}$, следовательно, необходимо выбрать более мощную ДЭС. При выборе ДЭС мощностью 750 кВт, условие выполняется. Схематическое изображение системы электроснабжения, выполненное для первой особой категории надежности, представлено на рисунке 8, где продемонстрированы связи взаимодействия аварийного ввода резерва между устройствами защиты. Устройства АВР необходимо предусматривать с целью восстановления питания потребителей путем подключения резервного источника питания при отключении основного источника питания. Для предотвращения включения резервного источника питания на короткое замыкание рекомендуется применять сочетание устройств АВР (рисунок 7) и автоматического повторного включения.

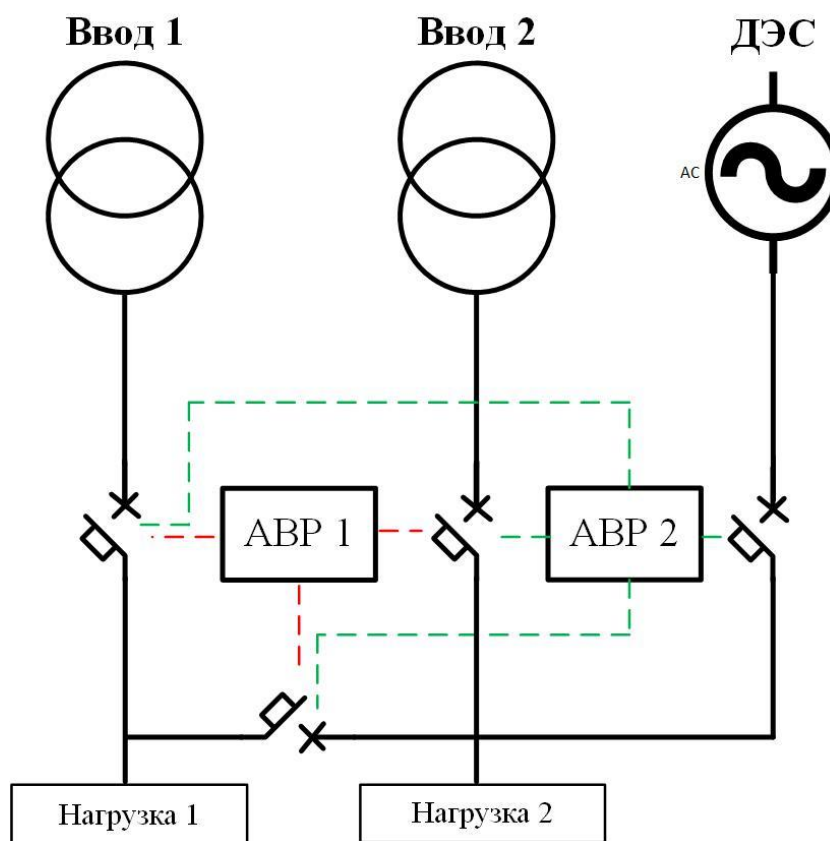


Рисунок 7 – Схематическое изображение потребителей 1-й особой группы электроснабжения

Сведем мощности необходимых ДЭС для каждого из объектов в таблицу 15.

Таблица 15 – Расчётные мощности ДЭС

Наименование объекта	Мощность ДЭС, кВт	Полная мощность ДЭС, кВА
Водоочистное сооружение	750	938
Канализационное сооружение	400	500
ВСК-10600	750	938
ПЗС-120	1000	1250

Таким образом мы видим, что полная мощность ДЭС зависит не только от общего энергопотребления, но также от мощности самого мощного электроприемника.

Так как ДЭС является резервным источником питания и будет применяться только в аварийных ситуациях, для ее надежной работы требуется проводить плановое техническое обслуживание.

2.6 Расчёт компенсирующего устройства

Для работы электроприемников им необходима активная и реактивная энергия. Реактивная энергия требуется для создания магнитных полей в электродвигателях. [31]. Активная энергия, отдаваемая в сеть, рассчитывается:

$$P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos\varphi, \quad (27)$$

где U – напряжение сети;

I – сила тока.

Полная мощность связана с активной и реактивной мощностью соотношением:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}, \quad (28)$$

где P – активная мощность;

Q – реактивная мощность.

Как известно, реактивная энергия создает магнитные поля в электродвигателях, трансформаторах, линиях и не выполняет полезной работы. Присутствие ее в линиях электропередач увеличивает добавочные потери активной мощности и создает дополнительные потери напряжения [27].

Для снижения потребления реактивной мощности используют специальные компенсирующие устройства, которые являются источниками

реактивной энергии. Они имеют виды конденсаторных батарей, синхронных двигателей, вентильных статических источников реактивной мощности. Основным применяемым типом являются конденсаторные батареи.

Важным показателем, характеризующим потребление реактивной мощности является $\cos\varphi$. Если $\cos\varphi$ ниже $< 0,92-0,95$ то его требуется повышать. Для этого требуется рассчитать компенсирующее устройство.

Для выполнения расчёта возьмем данные из таблицы 5 и сведем их в таблицу 16:

Рассчитаем мощность компенсирующего устройства по формуле (29):

$$Q_{к.р} = \alpha \cdot P_m (tg\varphi - tg\varphi_k), \quad (29)$$

где $\alpha = 0,9$ коэффициент, взятый из справочника;

$tg\varphi, tg\varphi_k$ – величины перед компенсацией реактивной мощности и после неё.

Принимаем $tg\varphi = 0,69$, тогда $tg\varphi_k = 0,33$.

$$Q_{к.р} = 0,9 \cdot 465,3 \cdot (0,69 - 0,33) = 150,76 \text{ квар.}$$

Таблица 16 - Данные для расчета КУ

Показатель без компенсации	$\cos\varphi_{ср}$	$tg\varphi$	P_m , кВт	Q_m , квар	S_m , кВА	$Q_{к.р}$
ВОС	0,82	0,69	465,3	319,3	566,1	150,76
КОС	0,84	0,65	235,4	152	280,6	67,8
ВСК-10600	0,82	0,65	379,1	253,6	450,7	109,2
ПЗС-120	0,81	0,75	649,7	445,4	765,9	245,6

В связи с тем, что нагрузка на объектах имеет статическое значение практически весь период времени, выбираем нерегулируемую конденсаторную установку УК4-0,4-175-У3.

Рассчитаем скомпенсированные значения соотношения мощностей $\operatorname{tg}\varphi_\phi$ и $\cos\varphi_\phi$:

$$\operatorname{tg}\varphi_\phi = \operatorname{tg}\varphi \cdot \frac{Q_{\text{к.ст}}}{\alpha \cdot P_M}, \quad (30)$$

где $Q_{\text{к.ст}}$ – расчётная мощность компенсирующего устройства.

$$\operatorname{tg}\varphi_\phi = 0,69 \cdot \frac{175}{0,9 \cdot 465,3} = 0,29,$$

$\cos\varphi_\phi = 0,96$. Тогда:

$$S_p = 0,7S_M, \quad (31)$$

где S_M – полная мощность.

$$S_p = 0,7 \cdot 566,1 = 396,27 \text{ кВА.}$$

$$\Delta P_m = 0,02S_M, \quad (32)$$

$$\Delta P_m = 0,02 \cdot 566,1 = 11,32 \text{ кВт.}$$

$$\Delta Q_m = 0,1S_M, \quad (33)$$

$$\Delta Q_m = 0,1 \cdot 566,1 = 56,61 \text{ квар.}$$

$$\Delta S_m = \sqrt{\Delta P_m^2 + \Delta Q_m^2}, \quad (34)$$

где ΔP_m – потери активной мощности,

ΔQ_m – потери реактивной мощности;

$$\Delta S_m = \sqrt{11,32^2 + 56,61^2} = 57,73 \text{ кВ} \cdot \text{А.}$$

Рассчитанные данные вносим в таблицу 17.

Таблица 17 – Результаты применения КУ

Объект	Параметр	$\cos\varphi_{\text{ср}}$	$\text{tg}\varphi$	P_m , кВт	Q_m , квар	S_m , кВА
ВОС	Без компенсации	0,82	0,69	465,3	319,3	566,1
	Размер компенсации	-	-	-	175	-
	С компенсацией	0,96	0,29	465,3	144,3	487,16
	Потери	-	-	11,32	56,61	57,73
	С компенсацией и потерями	-	-	476,62	200,91	544,89
КОС	Без компенсации	0,84	0,65	235,4	151,9	280,6
	Размер компенсации	-	-	-	100	-
	С компенсацией	0,91	0,47	235,4	51,9	237,1
	Потери	-	-	5,61	28,1	28,6
	С компенсацией и потерями	-	-	241,01	80	265,7
ВСК-10600	Без компенсации	0,82	0,65	379,1	253,6	450,7
	Размер компенсации	-	-	-	125	-
	С компенсацией	0,94	0,36	379,1	128,6	381,8
	Потери	-	-	9	45,1	45,9
	С компенсацией и потерями	-	-	388,1	173,7	427,7
ПЗС-120	Без компенсации	0,81	0,75	649,7	445,4	765,9
	Размер компенсации	-	-	-	275	-
	С компенсацией	0,89	0,51	649,7	170,4	654,2
	Потери	-	-	15,32	76,6	78,1
	С компенсацией и потерями	-	-	665,02	247	732,3

Применение конденсаторной установки значительно снизило реактивную мощность в сети и немного понизила полную мощность на каждом из объектов.

2.7 Расчёт пусковой аппаратуры

Так как основными потребителя электроэнергии являются асинхронные электродвигатели, выполняющие роль насосов, воздуходувок и т.д. для них требуется пусковая аппаратура. Для некоторых электроприемников целесообразно применение частотно регулируемого привода для возможности регулировки и плавного включения в работу [28].

В качестве пусковой аппаратуры электродвигателей чаще всего применяют магнитные пускатели. Для мощных двигателей 90+ кВт применение пускателей в паре с трансформатором тока, значительно снижает

общую стоимость пусковой аппаратуры, так как для защиты двигателя достаточно использовать автомат малого номинала, отключение которого разорвет цепь питания пускателя.

Выбор определяется характером коммутируемой нагрузки, от которой будет зависеть класс износостойкости пускателя.

На примере сетевого насоса №1 объекта ПСЗ-120 мощность которого составляет 250 кВт, а номинальный ток составляет 447 А рассмотрим пример выбора пусковой аппаратуры:

Исходя из номинального тока выбираем КТ 6053 на 600А, для цепи управления выбираем трансформатор тока ТТИ-100 1000/5 и автомат на ВА 47-29 6А для цепи управления.

Остальную аппаратуру выбираем по аналогии.

2.8 Расчёт защитной аппаратуры

Правила устройства электроустановок обязывают нас, что все элементы электрооборудования необходимо защищать от токов короткого замыкания и перегрузки [3].

С этой целью в силовых и осветительных щитах устанавливаются автоматические выключатели.

Выбор защитной аппаратуры следует делать не только для защиты самого двигателя, но и питающей линии, длинная электрическая цепь должна обеспечивать селективность цель которой отключать только ту линию, в которой непосредственно произошла неисправность [15].

Для примера рассмотрим выбор вводного автомата в силовой щит ЩС-1 объекта ВОС ($P_p=242,8$ кВт; $I_p= 442,5$ А).

Данные для выбора автоматического выключателя рассчитываются по принципу:

$$- I_{дл}=I_p;$$

$$- I_{м.р.}=1,35 \cdot I_{дл};$$

– $I_{\text{ср.эл.}} = 1,25 \cdot I_{\text{р.мах.}}$

Выбираем автомат ВА 44-39 ЗР 630А 35кА, имеющий характеристики:

- Расцепитель сверхтоков: тепловой и электромагнитный;
- Номинальный ток (уставка теплового расцепителя) I_n , А: 400; 500; 630;
- Уставка электромагнитного расцепителя I_m , А: $10 I_n$;
- Номинальная рабочая наибольшая отключающая способность при 400В: 35 кА;
- Механическая износостойкость, циклов В-О не менее: 5000;
- Исполнение: Стационарное;
- Присоединение внешних проводов: переднее;
- Климатическое исполнение: УХЛЗ;

Автоматические выключатели для других электроприемников выбираются по аналогии.

2.9 Расчёты кабельных линий 0,4 кВ

Выбор электрических линий питающей электроприемники и щиты, выполняется по нагреву и потерям напряжения.

Рассмотрим участок от РУ-0,4 кВ до ЩС-1 объекта ВОС. Расстояние между ними составляет 45 метров. Кабель выбираем по 2 правилам:

- Первое - $I_{\text{н.доп}} > I_{\text{дл}}$;
- Второе - $I_{\text{н.доп}} > k_3 \cdot I_3$.

Выберем кабель марки ВВГ 3х240+1х120, с 4 медными жилами, 3 из которых сечением 240 мм², а одна 120 мм², в изоляции и оболочке и поливинилхлорида. В качестве соединительных приспособлений, а также для подключения кабеля в силовые щиты, применяются медно-луженные наконечники, соответствующие сечению кабеля.

Электрические характеристики кабеля:

- Номинальное напряжение 0,66/1 кВ;
- Номинальная частота 50 Гц;
- Индуктивное сопротивление 0,0587 Ом/км;
- Активное сопротивление 0,078 Ом/км;
- Токовая нагрузка:
- В воздухе - 471 А;
- В земле - 520 А;
- Допустимый ток односекундного короткого замыкания 26,8 кА;
- Проверим выполнение правил:
- Первое - $471 > 442,5$;
- Второе - $471 > 0,75 \times 553,12$.

Кабель прокладывается на внутрицеховой эстакаде.

Рассчитаем потерю напряжения на расстоянии от РУ-0,4 кВ до ЩС-1:

$$\Delta U_1 = \frac{\sqrt{3} \cdot 100 \cdot I \cdot l}{U_{\text{ном}}} \cdot (r_0 \cos\varphi + x_0 \sin\varphi), \quad (35)$$

где I – сила тока, А;

l – длина кабеля, км;

$U_{\text{ном}}$ – напряжение сети, В;

r_0 – активное сопротивление кабеля медного провода, $r_0 = 0,514$ Ом/км;

$\cos\varphi$ – активное сопротивление кабеля, Ом/км;

x_0 – константа для всех кабельных линий до 1 кВ, $x_0 = 0,35$ Ом/км;

$\sin\varphi$ – индуктивное сопротивление кабеля, Ом/км.

$$\Delta U_1 = \frac{\sqrt{3} \cdot 100 \cdot 471 \cdot 0,045}{380} \cdot (0,514 \cdot 0,078 + 0,35 \cdot 0,059) = 0,55\%.$$

Сечение определено верно, так как в правилах устройства электроустановок допустимая потеря в линии должна быть не более $\pm 5\%$.

2.10 Выбор силового электрооборудования

В связи с высокими мощностями электроприемников, система питания выполнено по схеме – кабель от трансформаторной подстанции из ячейки заходит в распределительное устройство, где стоит вводной автомат ВА99М 1600А с автоматическим взводом для реализации системы автоматического ввода резерва и соответствия уровню автоматизации. который подключен к секции медных шин для дальнейшего распределения электроэнергии по силовым и осветительным щитам. Данная схема распределения является радиальной и широко применяется в цеховом электроснабжении. Главным достоинством данной схемы, заключается в повышенной надежности, так как авария на одной линии не влияет на работу других электроприемников. А основным минусом является значительный перерасход кабелей и необходимость в дополнительной площади размещения силовых РП [5].

2.11 Расчётная однолинейная схема сети

Однолинейная схема повышает информативность чертежа для понимания, в общих чертах она схематично показывает электрические связи от начала и до конца, именно поэтому проектная документация группируется на данном типе схем. Если рассмотреть подробнее, на схеме отображаются шины и защитные устройства, расположенные в одной линии. На выходных линиях указаны маркировка и сечение кабеля. Управляющими механизмами являются контакторы, магнитные пускатели, автоматы с автоматическим взводом, всё это установлена в щитах распределительных устройств и пультах управления. В распределительное устройство приходит питающая линия от трансформаторной подстанции и уже от него кабелями распределяется к силовым щитам групп электроприемников. Так же внизу схемы указываются электроприемники с указанием технологического

названия, мощности и питающим его кабелем. Однолинейная схема питания части электроприемников ВОС изображена на рисунке 8.

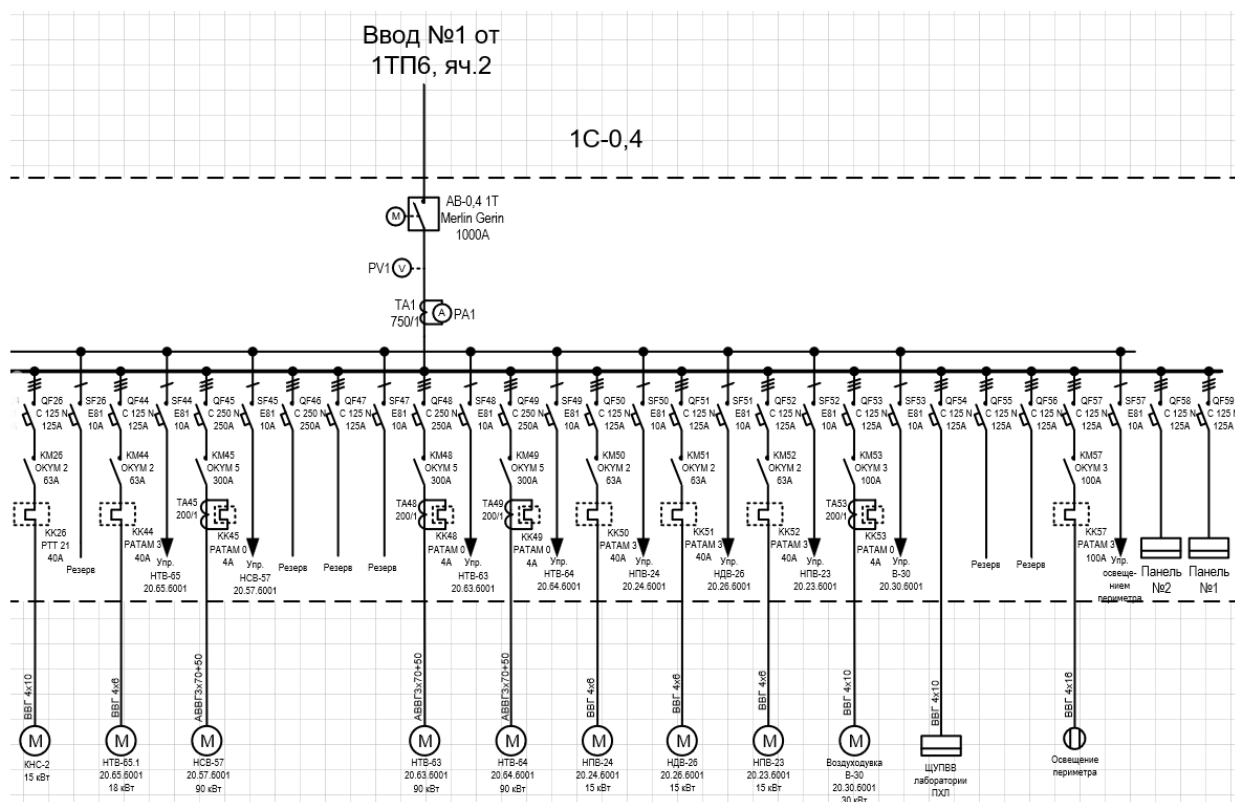


Рисунок 8 – Часть однолинейной схемы электроснабжения ВОС

Данный план представляет схематическое изображение распределительного шкафа, который обеспечивает электропитание отдельных устройств.

Выводы по второму разделу.

Подводя итог второго раздела, мы рассчитали, что потребители электроэнергии на объектах распределены на силовые группы ЩС-1, ЩС-2 и т.д. Также рассчитаны мощности каждого электроприемника и сведены в таблице 9.

Произведен расчёт предлагаемой реконструкции освещения при помощи светодиодных светильников. Реконструкция системы освещения снизила расход электроэнергии и ток в 2,8 раза.

Определены требуемые по мощности трансформаторы для каждого из объектов и представлены в таблице 14. В качестве третьего источника питания были выбраны дизельные электростанции.

Выполнен расчёт, на примере объекта ВОС, необходимой мощности ДЭС и проведена проверка устойчивости системы при включении мощнейшего из расположенных на объекте электроприемников. Результаты выполненных расчётов сведены в таблицу 15.

Рассчитаны компенсирующие устройства, снижающие загрузку линий реактивным током, результаты занесены в таблицу 17. Показаны методы выбора пусковой аппаратуры, защитной автоматики и кабельных линий. Продемонстрирована схема электроснабжения группы электродвигателей силового щита 3 объекта ВОС.

3 Технико-экономическое обоснование проекта

Запланированная реконструкция производственных объектов, рассмотренных в данной работе запланирована к выполнению в течении длительного периода времени, около 5 лет. Столь постепенный процесс выполнения работ обусловлен значительными капиталовложениями в предлагаемый проект.

Существуют определенные показатели демонстрирующие энергоэффективность инвестиционного проекта, показывающие проект с разных сторон, благодаря чему становится проще принять решение.

Любой проект имеет две основные части: Расчётная и описательная. Расчёты оборудования были проведены ранее, следовательно для завершения проекта требуется продемонстрировать реальный экономический эффект.

Главным условием при приеме к выполнению столь масштабной реконструкции является ее целесообразность в экономическом плане. Ведь любая работа должны давать максимально возможную эффективность.

3.1 Принципы определения энергоэффективности

Оценка эффективности инвестиционного проекта (ИП) охватывает множество критериев, в том числе технологические, технические, отраслевые и другие факторы, что схематично изображено на рисунке 9. Эти критерии можно обобщить следующим образом:

- комплексное моделирование всех видов деятельности необходимых для реализации инвест. проекта на протяжении всего его жизненного цикла от предынвестиционного анализа до завершения проекта;
- расчет денежных потоков, включает в себя как затраты, понесенные в течение расчетного периода, так и потенциальные денежные доходы, которые могут быть получены на этапе разработки проекта;

- оценивать различные модификации проекта и выбирать наиболее подходящий проект для реализации;
- принципы положительной и максимальной доходности. С точки зрения инвестора, эффективность проекта определяется не только его положительным эффектом, но и сравнением другими альтернативами. Если проект демонстрирует самый высокий уровень воздействия среди рассмотренных вариантов, он будет считаться эффективным;
- включение временных и инфляционных факторов: при оценке эффективности инвестиционного проекта крайне важно учитывать различные аспекты, связанные со временем, такие как будущие колебания стоимости основных материалов или услуг;
- учет различных интересов заинтересованных сторон и использование индивидуальных оценок капитальных затрат, выраженных в различных значениях ставок дисконтирования;
- итеративный процесс оценки: эффективность инвестиционного проекта переоценивается на нескольких этапах его разработки и реализации (например, осуществимость инвестиций, технико-экономические характеристики, план финансирования). Глубина проводимых исследований определяет степень оценки эффективности на каждом этапе;
- период оценки: эффективность проекта оценивается в течение определенного периода времени, охватывающего всю продолжительность проекта от начала до завершения;
- рекомендуемая начальная точка: для расчета эффективности инвестиционных проектов рекомендуется определить начальную точку периода оценки [22].

Период, в ходе которого проводят промежуточную обработку информации разбит на несколько этапов, обычно продолжительность

каждого этапа зависит от самого проекта, но как показывает практика измерения ведутся годами [11].



Рисунок 9 – Эффективность инвестиционного проекта

Будущая стоимость товаров и услуг может значительно отклоняться от их текущей стоимости, а также возможно обесценение валюты. Чтобы учесть это, денежные потоки необходимо дисконтировать, то есть они корректируются, чтобы отражать их значения в разные моменты времени, соответствующие определенным этапам расчета. Этот момент корректировки называется моментом дисконтирования, который может не обязательно совпадать с базовым моментом. Дисконтирование также может применяться

к финансовым потокам, выраженным в текущих или дефляционных ценах и в рамках единой валюты.

3.2 Экономическое обоснование реконструкции системы освещения

Основным направлением государственной политики в России в области развития энергетической инфраструктуры является реализация мероприятий по энергосбережению в различных отраслях народного хозяйства. Потребление электроэнергии, связанное с освещением, составляет 19% мирового потребления электроэнергии, при этом уличное освещение и освещение зданий составляют до 75% потребности в электроэнергии. Следовательно, вопрос энергосбережения в системах освещения имеет большое значение. Принципиальный подход к продвижению светотехнической продукции включает усиление критериев энергоэффективности и экологичности, а также повышение производительности производства. [26].

Внедрение технологии LED (светодиод) или OLED (органический светодиод) в компоненты системы освещения способствовало значительным улучшениям. Это обновление позволяет снизить энергопотребление минимум на 40%. Используя исключительную эффективность и гибкость светодиодов, они идеально подходят для современных систем освещения и управления. Примечательно, что яркость светодиодов можно регулировать для точной регулировки уровня подаваемой мощности в зависимости от конкретных условий окружающей среды, таких как интенсивность движения и требования к наружному освещению.

Как вам известно, появление новых технологий в системах освещения открывает широкие возможности для получения значительных экономических выгод. Эмпирические данные показывают, что внедрение

этих технологий может привести к экономии энергии, превышающей 50% в большинстве систем освещения.

Во втором разделе магистерской диссертации уже была вычислена выгода от реконструкции системы освещения, которая составила 2,8 раза от существующей, но помимо первичной выгоды предлагаемых мероприятий, существует вторичная – которая складывается из срока службы светодиодных светильников по сравнению с люминесцентными и тем более лампами накаливания. Так же утилизация люминесцентных ламп является крайне затруднительной по причине необходимости хранения неработающих ламп и их отдельной сортировки для дальнейшей утилизации в специализированное место [24].

Рассчитаем срок окупаемости мероприятий по замене осветительной техники, стоимость светильников указана в таблице 18.

Исходя из места нахождения предприятия, возьмем за расчетное значение времени наработки $T_{\text{раб}} = 8016$ ч. в год (что соответствует 11 месяцам).

Стоимость электроэнергии в данном регионе составляет 3,5 руб. за кВт.

Зная активную мощность, затрачиваемую на освещение до реконструкции и после реконструкции из второй главы диссертации, сравним годовые затраты:

$$W_{\text{год}} = P_{\text{осв.}} \cdot 8016\text{ч}, \quad (36)$$

где $P_{\text{осв}}$ – мощность освещения, кВт;

8016 ч – время наработки, ч.

$$W_{\text{год/до рек}} = 40,1 \cdot 8016\text{ч} = 321\,441,6 \text{ кВт/год},$$

$$W_{\text{год/после рек}} = 14,2 \cdot 8016\text{ч} = 133\,827,2 \text{ кВт/год},$$

$$\Sigma = W_{\text{год}} \cdot 3,5 \text{ руб/кВт}, \quad (37)$$

где $W_{\text{год}}$ – количество потребляемой электроэнергии за год, кВт/год.

$$\Sigma = W_{\text{год/до рек}} \cdot 3,5 \text{ руб/кВт} = 321\,441,6 \cdot 3,5 \text{ руб/кВт} = 1\,125\,045,6 \text{ руб/год,}$$

$$\Sigma = W_{\text{год/после рек}} \cdot 3,5 \text{ руб/кВт} = 133\,827,2 \cdot 3,5 \text{ руб/кВт} = 468\,395,2 \text{ руб/год.}$$

Таблица 18 – Расчет стоимости ламп

Наименование	Стоимость за 1 шт. \ руб.	Требуемое количество. Шт.	Общая стоимость, руб.
DSP 02-35-40	2657	30	79 710
DKU 01-90-45	6400	5	32 000
DPO 02-35-40	1539	117	180 063
LE-03-033-20Д 8359	4880	21	102 480
LE-15-033 8198	2807	33	92 631
LE-15-033-65Д 8467	5355	40	214 200
LE-СБУ-22-050-67Х	9563	5	47 815
Итого	-	251	748 899

Для расчёта полной стоимости выполнения работ необходимо учесть стоимость демонтажа и монтажа, а также стоимость доставки (принимается равной 10% от стоимости заказа) [23].

Согласно прайс-листам на электромонтажные работы в рассматриваемом регионе, стоимость необходимых трудозатрат указана в таблице 19.

Таблица 19 – Стоимость монтажных\демонтажных работ

Наименование работы	Единица измерения	Стоимость за единицу.	Количество	Итоговая стоимость руб.
Демонтаж светильника на высоте до 3 метров	шт.	330,00	241	79 530
Установка светильника на стену на	шт.	660,00	241	159 060

высоте до 3 метров				
--------------------	--	--	--	--

Продолжение таблицы 19

Наименование работы	Единица измерения	Стоимость за единицу.	Количество	Итоговая стоимость руб.
Демонтаж светильника на высоте до 12 метров	шт.	800,00	10	8 000
Установка светильника на стену на высоте до 12 метров	шт.	2100,00	10	21 000
Итого:	-	-	-	267 590

Подведем итог, капиталовложения в систему освещения составляют 748 899 рублей за покупку материалов + 10% (74 889,9 рублей) за доставку и 267 590 рублей за монтажные/демонтажные работы.

Итого: 1 091 378,9 рублей

Ежегодная выгода от реконструкции составляет 1 125 045,6 руб./год - 468 395,2 руб./год = 656 650,4 рублей/год.

Следовательно, срок в течении которого окупятся все финансовые вложения составляет примерно 1 год и 11 месяцев, что является крайне целесообразным.

3.3 Экономический эффект от замены трансформаторов

Так как замена силовых трансформаторов планируется в рамках плановой замены оборудования, а благодаря выполненным ранее расчётам было установлено, что существующие трансформаторы имеют избыточную мощность. Соответственно проверим экономическую выгоду от установки трансформаторов меньшей мощности.

Сравнительный анализ проведем на примере объекта ВОС, путем сравнения установки трансформатора мощностью установленного в настоящее время и менее мощного:

– два трансформатора мощностью по 1000 кВА ТМ 1000/10/0,4.

Стоимость одного составляет – 1 050 494,21 руб.

– два трансформатора мощностью по 1600 кВА ТМ 1600/10/0,4.

Стоимость одного составляет – 1 709 665,2 руб.

«Для обоснования решения нам потребуется рассчитать такие показатели как: капитальные вложения, эксплуатационные издержки, приведенные затраты, потери электроэнергии и их стоимость, годовую экономию и годовой экономический эффект» [29].

Капитальные вложения рассчитаем по формуле:

$$KB = Ц + T + M, \quad (38)$$

где Ц – стоимость трансформатора, руб.;

T – затраты на доставку, руб.;

M – расходы на монтаж/демонтаж и проведение пуско-наладочных работ, руб.

Стоимость доставки составляет 10% от стоимости оборудования:

$$T = Ц \cdot 0,1, \quad (39)$$

$$T_{1000} = 1\,050\,194,2 \cdot 0,1 = 105\,019,4 \text{ руб.}$$

$$T_{1600} = 1\,709\,665,2 \cdot 0,1 = 170\,966,5 \text{ руб.}$$

Затраты на демонтаж/монтаж и проведение ПНР составляют 25% от стоимости оборудования:

$$M = Ц \cdot 0,25, \quad (40)$$

$$M_{1000} = 1\,050\,194,2 \cdot 0,25 = 262\,548,55 \text{ руб.}$$

$$M_{1600} = 1\,709\,665,2 \cdot 0,25 = 427\,416,3 \text{ руб.}$$

Рассчитаем капитальные вложения для обоих трансформаторов по формуле 38:

$$KB_{1000} = 1\,050\,494,2 + 10\% + 25\% = 1\,418\,167,2 \text{ руб.}$$

$$KB_{1600} = 1\,709\,665,2 + 10\% + 25\% = 2\,308\,047,7 \text{ руб.}$$

Рассчитаем годовой фонд заработной платы, результат будет идентичен для обоих случаев, так как у трансформаторов одинаковое напряжение:

$$ЗП = ТФ_{зп} \cdot K_{доп} \cdot K_{отч}, \quad (41)$$

где $ТФ_{зп}$ – тарифный фонд заработной платы, руб.;

$K_{доп}$ – коэффициент премиальных, $K_{доп} = 70\%$;

$K_{отч}$ – коэффициент отчислений, $K_{отч} = 25\%$.

Тарифный фонд заработной платы рассчитывается по формуле (42):

$$ТФ_{зп} = Ч_{тс} \cdot ЗТ, \quad (42)$$

где $Ч_{тс}$ – часовая тарифная ставка, руб/час;

$ЗТ$ – затраты труда, чел·час.

«Согласно информации из приложения №1 «Положения об оплате труда гражданского персонала Главного управления специальных программ Президента Российской Федерации», для осуществления обслуживания силового трансформатора требуется электромонтер 4 разряда, размер тарифной ставки которого составляет 4850 руб» [18].

$$Ч_{тс} = \text{оклад}/176, \quad (43)$$

где 176 – рабочих часов в месяц в среднем.

$$Ч_{тс} = \frac{4850}{176} = 27,6 \frac{\text{руб}}{\text{час}}$$

Определим затраты труда по формуле (44):

$$ЗТ = \sum y.e. \cdot 18,6, \quad (44)$$

где $\sum y.e. = 4,9$ – переводной коэффициент;

18,6 – трудоемкость обслуживания условной единицы, чел·час.

$$ЗТ = 4,9 \cdot 18,6 = 91,1, \text{ чел} \cdot \text{час}.$$

Значит тарифный фонд заработной платы определяется:

$$ТФ_{зп} = 27,6 \cdot 91,1 = 2514,4 \text{ руб.}$$

Далее определяем фонд заработной платы по формуле (39):

$$ЗП = 2514,4 \cdot 1,7 \cdot 1,25 = 5343,1 \text{ руб.}$$

Теперь рассчитаем эксплуатационные затраты:

$$ЭЗ = ЗП + A_o + P_{то} + C_{дэ} + P_p, \quad (45)$$

где A_o – Амортизационные отчисления, руб;

$P_{то}$ – расходы на техническое обслуживание, руб;

$C_{дэ}$ – стоимость потерь в трансформаторах, руб;

P_p – прочие расходы, руб.

Амортизационные расходы составляют 3,5 % от капиталовложений:

$$A_o = KB \cdot 0,035, \quad (46)$$

$$A_{o1000} = 1\,418\,167,2 \cdot 0,035 = 49\,635,8, \text{ руб.}$$

$$A_{o1600} = 2\,308\,047,7 \cdot 0,035 = 80\,781,7, \text{ руб.}$$

Техническое обслуживание трансформаторов составляет 2,9% от капиталовложений:

$$P_{то} = KB \cdot 0,029, \quad (47)$$

$$P_{то1000} = 1\,418\,167,2 \cdot 0,029 = 41\,126,8, \text{ руб.}$$

$$P_{то1600} = 2\,308\,047,7 \cdot 0,029 = 66\,933,4, \text{ руб.}$$

Прочие расходы составляют 1 % от капиталовложений:

$$P_p = KB \cdot 0,001, \quad (48)$$

$$P_{p1000} = 1\,418\,167,2 \cdot 0,001 = 1418,2 \text{ руб.}$$

$$P_{p1600} = 2\,308\,047,7 \cdot 0,001 = 2308 \text{ руб.}$$

Потери электроэнергии в трансформаторах определяется по формуле (49):

$$Q_{кз} = (\Delta P_{кз} \cdot K_3 \cdot \Delta q_{кз}) \cdot \left(\frac{S_{max}}{S_H}\right)^2 \cdot \tau + (\Delta P_{хх} + K_3 \cdot q_{хх}) \cdot t, \quad (49)$$

где $\Delta P_{кз}$ – потери мощности короткого замыкания, кВт;

K_3 – 0,12 коэффициент перевода реактивной мощности в активную;

$\Delta q_{кз}$ – реактивные потери мощности короткого замыкания, квар;

S_{max} – максимальная нагрузка трансформатора, кВА;

S_H – номинальная мощность трансформатора, кВА;

$\Delta P_{хх}$ – потери мощности холостого хода, кВт;

$q_{хх}$ – потери мощности холостого хода, квар.

Реактивные потери мощности короткого замыкания определяются по формуле (48):

$$\Delta q_{\text{кз}} = \frac{U_{\text{кз}}\%}{100} \cdot S_{\text{н}}, \quad (50)$$

где $U_{\text{кз}}\%$ - потери напряжения короткого замыкания.

Реактивные потери мощности холостого хода определяются по формуле (49):

$$q_{\text{хх}} = \frac{i_{\text{хх}}\%}{100} \cdot S_{\text{н}}, \quad (51)$$

где $i_{\text{хх}}\%$ - потери тока на холостом ходу.

Тогда годовые потери составят:

$$\begin{aligned} Q_{\text{кз}1000} &= (12,2 + 0,12 \cdot 0,055 \cdot 1000) \cdot \left(\frac{566,2}{1000}\right)^2 \cdot 2500 + \\ &+ (1,47 + 0,12 \cdot 0,008 \cdot 1000) \cdot 8760 = 36354,2, \\ Q_{\text{кз}1600} &= (18 + 0,12 \cdot 0,06 \cdot 1600) \cdot \left(\frac{566,2}{1600}\right)^2 \cdot 2500 + \\ &+ (1,75 + 0,12 \cdot 0,005 \cdot 1600) \cdot 8760 = 32975,1. \end{aligned}$$

Определяем стоимость потерь электроэнергии:

$$C_{\text{э}} = Q_{\text{кз}} \cdot T_{\text{э}}, \quad (52)$$

где $T_{\text{э}}=3,5$ тариф на электроэнергию, руб.

$$\begin{aligned} C_{\text{э}1000} &= 36354,2 \cdot 3,5 = 127\,239,7, \\ C_{\text{э}1600} &= 32975,1 \cdot 3,5 = 115\,412,85. \end{aligned}$$

Для удобства сведем результаты вычислений в таблицу 20.

Таблица 20 - Сравнительная таблица эксплуатационных затрат

Элементы эксплуатационных затрат	Варианты	
	Трансформатор 1000 кВА, т.руб	Трансформатор 1600 кВА, т.руб
Амортизационные отчисления	49,6	80,8
Расходы на техническое обслуживание	41,1	66,9
Стоимость потерь электроэнергии	127,2	115,4
Прочие расходы	1,4	2,3
Итого	219,3	265,4

Так как в любом из вариантов трансформатора должно быть 2, значит надежность электроснабжения не меняется, поэтому определим наиболее выгодный вариант по наименьшим приведенным затратам

Рассчитаем приведенные затраты:

$$З = KB \cdot E_n + ЭЗ, \quad (53)$$

где $E_n = 0,1$ нормативный коэффициент экономической эффективности;

$ЭЗ$ – эксплуатационные затраты, руб.

$$З_{1000} = 1\,418\,167,2 \cdot 0,1 + 219\,300 = 361\,116,72 \text{ руб.}$$

$$З_{1600} = 2\,308\,047,7 \cdot 0,1 + 265\,400 = 496\,204,7 \text{ руб.}$$

Определим общую годовую экономию:

$$\Gamma_э = (ЭЗ_{1600} - ЭЗ_{1000}) + ЭП, \quad (54)$$

где $ЭП$ – экономия потерь, руб.

Определяем экономию потерь

$$\begin{aligned} \text{ЭП} &= C_{\text{Э}1600} - C_{\text{Э}1000}, & (55) \\ \text{ЭП} &= 115412,85 - 127239,7 = -11826,85 \text{ руб.} \end{aligned}$$

Тогда суммарная годовая экономия определяется как:

$$\Gamma_{\text{э}} = (265400 - 219300) - 11826,85 = 34273,15 \text{ руб.}$$

Определяем суммарный годовой экономический эффект:

$$\begin{aligned} \text{Э}_{\text{г}} &= (З_{1600} - З_{1000}) + \text{ЭП}, & (56) \\ \text{Э}_{\text{г}} &= 496204,7 - 361116,17 - 11826,85 = 123\,261,68. \end{aligned}$$

Результаты экономического обоснования внесем в таблицу 21.

Таблица 21 - Экономическое обоснование замены трансформаторов

Показатель	Вариант с ТМ 1000, т.руб.	Вариант с ТМ 1600, т.руб.
Капитальные вложения	1418,2	2308
Эксплуатационные издержки	219,3	265,4
Стоимость потерь электроэнергии	127,2	115,4
Приведенные затраты	361,1	496,2
Суммарная годовая экономия	34,3	-
Суммарный годовой экономический эффект	123,3	-

В итоге установка трансформатора мощностью 1000 кВА вместо 1600 кВА принесет не значительную ежегодную выгоду в размере 34,3 т.руб. Но также имеет более низкую общую стоимость по самой цене трансформатора и стоимости эксплуатации.

3.4 Расчёт экономической эффективности установки преобразователей частоты

Применение частотно регулируемого привода (ЧРП) с асинхронным электродвигателем, позволяет значительно уменьшить расходы электроэнергии и повысить надежность электрооборудования [10].

Частотно-регулируемый привод обобщает электродвигатель и частотный преобразователь как показано на рисунке 10 и имеет такое название по причине того, что регулирование привода осуществляется за счет изменения частоты подаваемой на электродвигатель от преобразователя частоты. Электродвигатель изменяет род энергии с электрической на механическую, за счет чего начинает работать технологический механизм [8].

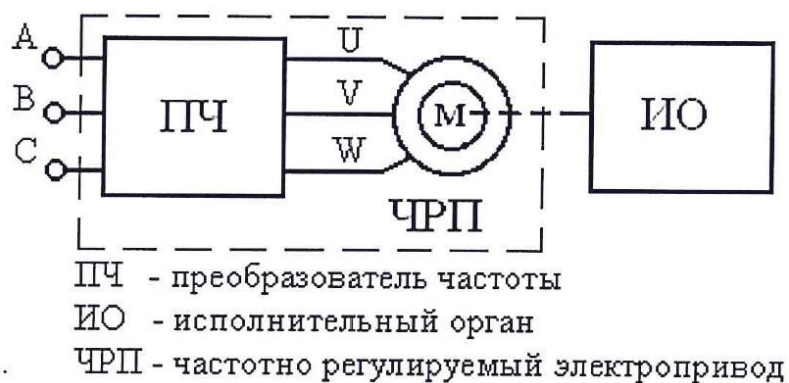


Рисунок 10 – Схема частотно регулируемого привода

Изменение частоты в частотных преобразователях имеет в широкий диапазон, как больше, так и меньше частоты питающей сети.

Ожидаемый эффект от использования ЧРП:

- увеличение срока службы электродвигателей и пусковой аппаратуры дымососов из-за отсутствия больших пусковых токов и ударных нагрузок на электродвигатель и оборудование;

- экономия электроэнергии;
- снижение затрат на обслуживание и вероятности аварийных ситуаций;
- наличие возможности точной настройки режима работы системы.

На каждом из объектов расположены асинхронные двигатели, выполняющие роль насосных агрегатов [1]. В связи с достаточно тяжелыми условиями труда по продолжительности работы и фактической нагрузке, целесообразна установка частотных преобразователей.

ЧП планируется установить только на ключевые в производстве электродвигатели, перечень которых представлен в таблице 22.

Таблица 22 – Перечень электродвигателей двигателей и ЧП

Объект	Наименование электроприемника	Кол-во, шт.	Модель ЧП	Цена ЧП, за ед., руб.
ВОС	НРВ	1 (160 кВт)	Веспер Е4-Р8402-200Н-160	383 800
	НРВ	1 (90 кВт)	Веспер Е4-Р8402-150Н-110	263 000
	НРВ	1 (132 кВт)	Веспер Е4-Р8402-175Н-132	302 000
КОС	Турбовоздуходувки	4 (110 кВт)	Веспер Е4-Р8402-150Н-110	263 000
ВСК-10600	Сетевой насос	3 (75 кВт)	Веспер Е4 Р8402-100Н-75	179 400
	Сетевой насос	1 (45 кВт)	Веспер Е4-Р8402-060Н-45	127800
	Сетевой насос	1 (110 кВт)	Веспер Е4-Р8402-150Н-110	263 000
	Сетевой насос	1 (160 кВт)	Веспер Е4-Р8402-200Н-160	383 800
ПЗС-120	Сетевые насосы	4 (250 кВт)	Веспер ЕІ-Р7012-350Н-250	1 562 900
	Дымосос котла	4 (75 кВт)	Веспер Е4 Р8402-100Н	179 400
Итого общая стоимость ЧП			10 282 800	

С учетом налога на прибыль, который составляет 20%, объем инвестиций будет равен:

$$10\,282\,800 \text{ руб.} + 20\% = 12\,339\,460 \text{ руб.}$$

Выполним расчет количества потребляемой электроэнергии в год электродвигателями, с учетом резерва:

$$W_{\text{год}} = N \cdot P \cdot K_{\text{И}} \cdot 7305, \quad (57)$$

где N - количество электродвигателей;

P - мощность электродвигателя;

$K_{\text{И}}$ - Значение коэффициента использования;

7305 - количество часов в году (равное 10 месяцам).

$$W_{\text{год}} = 1 \cdot 160 \cdot 0,9 \cdot 7305 = 1\,051\,920 \text{ кВт} \cdot \text{ч.}$$

Общее потребление электроэнергии всеми электродвигателями, в год составляет– 17 501 319 кВт·ч.

Стоимость электроэнергии принимаем равной так же, как при расчётах освещения 3,5 руб./кВт.

По теоретическим данным, частотный преобразователь позволяет снизить энергопотребление насосного агрегата приблизительно на 15-30%, при выборе необходимо руководствоваться режимом работы электрооборудования [2].

В связи с длительным периодом работы электроприемников на каждом из объектов, принимаем экономию потребляемой мощности равной 20%. Для удобной демонстрации выгоды от применения частотного преобразователя, составим таблицу 23, в которой отобразим результаты потребляемой мощности как с частотным преобразователем, так и без него.

Таблица 23 – Результаты применения ЧП

Период	Расход электрической энергии,		Сумма за израсходованную эл.	
	Без ЧП	С ЧП	Без ЧП	С ЧП
1-й Квартал	4 375 329,75	3500263,8	15313654,13	12250923,3
2-й Квартал	8 750 659,5	7000527,6	30627308,25	24501846,6
3-й квартал	13 125 989,25	10500791,4	45940962,38	36752769,9
4-й квартал	17 501 319	14001055,2	61254616,5	49003693,2
5-й квартал	21 876 648,75	17501319	76568270,63	61254616,5
6-й квартал	26 251 978,5	21001582,8	91881924,75	73505539,8
7-й квартал	30627308,25	24501846,6	107195578,9	85756463,1
8-й квартал	35 002 638	28002110,4	122509233	98007386,4

При капиталовложениях в размере 12 339 460 рублей, в ЧП прогнозируемая экономия электроэнергии составит 3 062 730,83 рубля ежеквартально. Стоимость доставки, монтажа и наладки данного вида оборудования составит – примерно 700 тыс. руб. Следовательно срок окупаемости частотных преобразователей составляет 1 год и 3 месяца.

Выводы по третьему разделу.

По результатам проведенных расчетов следует, что замена системы освещения всех производственных объектов является целесообразной по нескольким причинам, в частности экономии электроэнергии благодаря чему вложенные средства окупятся примерно через 1 год и 11 месяцев.

Выполненный расчёт экономической составляющей по замене силовых трансформаторов показал, что ежегодная выгода составит всего 123,3 т.руб.

Установка частотных преобразователей на примере приведенных расчетов тоже показывает весьма значимую выгоду за короткий промежуток времени. Согласно итоговым значениям, ощутимая выгода в размере около 3млн. руб. ежеквартально начнется через 1 год и 3 месяца.

Из этого следует, что средства, вложенные в рассматриваемые мероприятия, являются крайне эффективными и экономически выгодными.

Заключение

В ходе нашего исследования мы определили основные методы энергосбережения, которые включают в себя использование и применение существующих стандартов, разработку руководящих принципов эксплуатации и повышение энергоэффективности за счет внедрения передовых решений и технологий.

Тщательное выполнение мер по энергосбережению позволяет значительно сократить как потребление энергии, так и связанные с этим затраты, особенно с учетом постоянного роста цен на энергоносители. Применяя комплексный подход к энергосбережению, можно добиться существенной экономии, что принесет существенные выгоды как с точки зрения энергосбережения, так и экономической эффективности.

На основании этого была проведена работа по анализу текущего состояния объектов вахтового поселка, рассмотрены планы и схемы в индивидуальном порядке.

Для каждого объекта был произведен расчет электрических нагрузок, который показал следующие данные:

Общее потребление электроэнергии за год составляет 15 784,7 МВА из них:

- активной 13 116,7 МВт,
- реактивной 8 713 МВар.

Затраты на освещение составляют 293 800 кВА из них:

- активной 264 550 кВт,
- реактивной 126 750 кВар.

Большой объем реактивной энергии обусловлен устаревшим оборудованием и отсутствием установок компенсации реактивной мощности. При проектировании данных объектов не была предусмотрена её компенсация.

Реконструкция система освещения, позволила снизить потребляемую мощность с 45,2 кВА до 16,2 кВА, а также уменьшить ток с 118,9 А до 42,7 А. В результате мы видим снижение мощности и тока в 2,8 раза. Выбор освещения был сделан в пользу светодиодного по причине самого менее затратного в плане энергопотребления и самого долгого заявляемого срока работы. Типы светильников установлены разные в зависимости от помещения (административные помещения, цеховые площадки и т.д.)

Прежде чем выполнить расчёт компенсирующих устройств, был проведен расчёт требуемых силовых трансформаторов. Внедрение компенсирующих устройств не позволило снизить мощность приобретаемых трансформаторов, но заметно понизило значение полной мощности.

В связи с тем, что рассматриваемые объекты относятся к первой особой группе электроприемников, электроснабжение должно иметь, помимо двух независимых источников, третий резервный источник питания. В данной работе был произведен расчёт необходимой мощности дизельных электростанций, обеспечивающих бесперебойное электроснабжения производственного процесса.

Применение частотных преобразователей на производстве, обуславливается множеством положительных результатов, которые сказываются как на потреблении электроэнергии, так и на техническом состоянии электрооборудования. Произведенные расчёты экономической составляющей продемонстрировали потребность в значительных капиталовложениях, но в тоже время, крайне быстрый срок в течении которого все они окупятся.

В итоге, практическая значимость работы заключается в том, что при реализации предложенных мероприятий можно существенно снизить денежные расходы на энергоресурсы, а также повысить надежность производственного процесса.

Список используемой литературы и используемых источников

1. Андрижиевский А.А., Володин В.И. Энергосбережение и энергетический менеджмент: учеб. пособие. Минск: Высшая школа, 2005. 294 с.
2. Белый Е. М., Алексеев Ю. С., Зими́на Л. Ю., Байгулова А. А. Экономика предприятия М.: Русайнс, 2015. 172 с.
3. Бессонов М.А. методы повышения энергоэффективности систем электроснабжения // Студенческий: электрон. научн. журн. 2023. № 11(223). URL: <https://sibac.info/journal/student/223/283075> (дата обращения: 31.03.2023).
4. Вахни́на В. В. Проектирование систем электроснабжения [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. пособие / В. В. Вахни́на, А. Н. Черненко; ТГУ; Ин-т энергетики и электротехники ; каф. «Электроснабжение и электротехника». ТГУ. Тольятти: ТГУ, 2016. 78 с.: ил. Библиогр.: с. 76-78. - ISBN 978-5-8259-0929-5.
5. Ганжа В.Л. Основы эффективного использования энергоресурсов: теория и практика энергосбережения. Минск: Белорусская наука, 2007. 451 с.
6. Герасимова, Г.Е. Все о качестве. Отечественные разработки. Выпуск №71/2011: Энергосбережение, энергоэффективность, энергоменеджмент. М.: НТК, 2011. 968 с.
7. ГОСТ 32498-2013 Здания и сооружения. Методы определения показателей энергетической энергоэффективности искусственного освещения [Электронный ресурс] / URL: <https://base.garant.ru/71522768/> (дата обращения: 02.05.2023).
8. Использование частотно-регулируемого привода для насосов [Электронный ресурс] // интернет-сайт. URL: https://knowledge.allbest.ru/physics/2c0b65635a3bc79b5d53a89421216c26_0.htm 1 (дата обращения: 26.04.2023).

9. Кнорринг Г.М. Осветительные установки. Л.: Изд-во Энергоиздат, 2016. 288 с.

10. Лопатников Л. И. Экономико-математический словарь: Словарь современной экономической науки. 5-е изд., перераб. и доп. М.: Дело, 2003. 519 с.

11. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов [Электронный ресурс] // интернет-сайт. URL: <http://online.lexpro.ru/document/105614> (дата обращения: 20.04.2023).

12. Нормы технологического проектирования предприятий [Электронный ресурс]: Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200031971> (дата обращения: 24.05.2023).

13. Оборудование котельных установок и принцип их работы [Электронный ресурс]// интернет-сайт. URL: <https://indclimat.ru/oborudovanie-kotelnyh-ustanovok-i-printsip-ih-raboty/> (дата обращения: 18.03.2023).

14. Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности, и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации [Электронный ресурс]: Федеральный закон от 23 ноября 2009 № 261 (ред. от 28.04.2023). URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=448127> (дата обращения 28.04.2023).

15. Ополева Г.Н. Электроснабжение промышленных предприятий и городов: учебное пособие. М.:ИНФРА-М, 2020. 416 с

16. Организация энергосбережения (энергоменеджмент). Решения ЗСМК-НКМК-НТМК-ЕВРАЗ. Учебное пособие. М.: ИНФРА-М, 2017. 208 с.

17. Повышение энергоэффективности в российской промышленности: [Электронный ресурс]//интернет-сайт. URL: http://www.cenef.ru/art_11323_222.html (дата обращения: 15.02.20223).

18. Положение об оплате труда гражданского персонала Главного управления специальных программ Президента Российской Федерации

[Электронный ресурс]: Приказ от 06.04.2018 № 17 (ред. от 12.10.2022). URL: <https://docs.cntd.ru/document/557235045> (Дата обращения: 01.06.2023).

19. Похабов В.И., Клевзович В.И., Ворфоломеев В.В. Энергетический менеджмент на промышленных предприятиях. Минск: УП «Технопринт», 2002. 176 с.

20. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации [Электронный ресурс]: Приказ министерства энергетики РФ от 19 июня 2003 г. № 229 (ред. от 13.02.2019). URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=330897> (дата обращения 10.05.2023).

21. Шаров Ю.В., Хорольский В.Я. Электроэнергетика: учебное пособие. М.: Инфра-М, 2016. 384 с.

22. Электроэнергетические системы и сети: учебное пособие / О.М. Ларин, В.И. Бирюлин, А.Н. Горлов [и др.]. 3-е изд. Москва: ИНФРА-М, 2019. 130 с. ISBN 978-5-16-108184-6. Текст: электронный. URL: <https://new.znaniium.com/catalog/product/1058860> (дата обращения: 17.04.2023).

23. Энергетическая стратегия России на период до 2030г. [Электронный ресурс]: Распоряжение РФ от 13.11.2009 № 1715-р URL: <https://ueip.org/doc/energy-strategy-russia/#gsc.tab=0> (дата обращения 16.05.2023).

24. Энергосбережение и повышение энергоэффективности на период до 2020г. [Электронный ресурс]: Распоряжение РФ от 27.12.2010 №2446-р. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/55070341/> (дата обращения 15.03.2023).

25. Юдаев И.В Гордеев А.С. Огородников Д.Д. Энергосбережение в сельском хозяйстве. М.: Лань, 2014. 384 с.

26. Яковлев В.Ф. Правовое государство: вопросы формирования. М.: Статут, 2012. 292 с.

27. Jespersen, H.P. Journal of Educational Media & Library Sciences / Heather P. Jespersen, John Kresten Jespersen // Tamkang University Press. Taiwan, Province of China, 2015. PP. 78-83.

28. Power Factor – Inductive Load. Inductive loads and power factors for electrical three-phase motors [Electronic resource] / informational portal «The Engineering ToolBox». URL: https://www.engineeringtoolbox.com/kva-reactive-d_886.html (дата обращения 17.03.2023)

29. Phadke. A, Improving the performance of power system protection using wide area monitoring systems [Text]/ A. Phadke, P. Wall, V. Terzija// Journal of Modern Power Systems and Clean Energy. 2016. Vol.4, iss.3, pp. 319-331. The Author(s), 2016. URL: <https://link.springer.com/> (дата обращения 24.05.2023).

30. Van Bommel W. (2016) High-Pressure Mercury Lamp. In: Luo MR (eds) Encyclopedia of Color Science and Technology. Springer, New York, NY.

31. Wang, Y. Telkomnika: Indonesian Journal of Electrical Engineering [Text] / Wang Yong, Li Shun-chu // Institute of Advanced Engineering and Science. Indonesia, 2016. PP. 24-35.