

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)

13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

(код и наименование направления подготовки / специальности)

Электроснабжение

(направленность (профиль) / специализация)

## ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Проектирование системы электроснабжения молочно-товарного комплекса на 400  
голов

Обучающийся

А.С. Абрамовских

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., Д.А. Кретов

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

Тольятти 2023

## Аннотация

В выпускной квалификационной работе представлены результаты выполнения проекта по разработке системы электроснабжения молочно-товарного комплекса на 400 голов.

На первом этапе выполнения выпускной квалификационной работы выполнен анализ объекта – молочно-товарного комплекса на 400 голов. Представлено краткое описание технологического процесса производства сырого молока на объекте ВКР, а также представлен генеральный план молочно-товарного комплекса.

На втором этапе выполнения ВКР на основании результатов, полученных на первом этапе выполнения ВКР выполнен расчет электрических нагрузок объекта и определены характерные сезонные суточные графики нагрузок, построен годовой график нагрузки молочно-товарного комплекса.

На третьем этапе проведен выбор оборудования системы электроснабжения молочно-товарного комплекса. Выбраны распределительные трансформаторы, кабели, а также источник гарантированного питания.

Пояснительная записка выпускной квалификационной работы содержит страниц, 22 таблицы и 12 рисунков. Графическая часть выполнена на шести листах формата А1.

# Содержание

В

1

В

2

е

Х

2

2

1

2

4

А

А

А

А

А

А

А

А

А

А

А

А

А

А

А

А

А

А

А

А

А

А

А

А

А

.....

.....

.....

## Введение

Агропромышленный комплекс (АПК) включает в себя различные отрасли народного хозяйства, которые направлены на развитие и обслуживание сельского хозяйства, а также на доведение сельскохозяйственной продукции до конечного потребителя. Успешное и эффективное развитие АПК является основой продовольственной безопасности Российской Федерации [14].

С начала 90-х годов и до 2014 года наблюдался устойчивый тренд снижения поголовья крупного рогатого скота (КРС) и по отношению с 1990 годом в 2014 году поголовье КРС в РФ сократилось примерно на 65% [14] (рисунок 1).



Рисунок 1 - Относительное изменение поголовья КРС в РФ по отношению к 1990 году

Развитие АПК связано с государственной стратегией, уровнем финансирования, технических возможностей производства и исторических условий развития. По мнению ряда ученых основой устойчивого и быстрого развития АПК выступает цифровизация и роботизация производственных

процессов, использование IT-решений, внедрение гражданских беспилотных технологий.

В 2012 году была принята Государственная программа развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия [9], которая способствовала росту и развитию АПК в регионах РФ. В настоящее время наблюдается относительно не высокий рост АПК, согласно данным исследования представленным в [2] (таблица 1), в настоящее время производство сырого молока не достигло порогового значения (столбец 7 таблица 1) указанного в [9], что говорит о необходимости увеличения производства сырого молока в РФ, в том числе и за счет строительства новых, современных и высокоавтоматизированных молочно-товарных комплексов.

Таблица 1 - Уровень самообеспечения РФ продуктами производства АПК

Виды сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия	Год					Пороговые значения
	2017	2018	2019	2020	2021	
1	2	3	4	5	6	7
Зерно	179	154	163	173	154	95
Картофель	87	91	90	78	76	95
Молоко и молокопродукты (в пересчете на сырое молоко)	57	58	59	61	62	90
Мясо и мясопродукты (в пересчете на мясо)	96	98	101	104	107	85
Рыба и рыбопродукты	132	150	151	151	154	85
Овощи и бахчевые	63	65	66	65	64	90
Фрукты и ягоды	14	18	20	21	22	60
Яйца	106	106	106	106	106	-
Сахар	177	172	208	164	161	90
Масло растительное	223	217	281	271	209	90

Таким образом, выпускная квалификационная работа, направленная на разработку проекта электроснабжения молочно-товарного комплекса на 400 голов, является актуальной, так как затрагивает стратегически важную для России отрасль АПК – производство сырого молока.

Объектом выпускной квалификационной работы (ВКР) является молочно-товарный комплекс на 400 голов.

Молочно-товарные комплексы (МТК) являются частью агропромышленного комплекса и направлены на производство сырого молока.

Предметом ВКР является система электроснабжения молочно-товарного комплекса на 400 голов.

Целью ВКР является разработка эффективной системы электроснабжения молочно-товарного комплекса на 400 голов с обеспечением требуемого для объекта уровня надежности электроснабжения и высокими показателями энергетической эффективности.

Для достижения заявленной, в рамках выполнения ВКР, цели необходимо решить следующие задачи:

- провести анализ объекта выпускной квалификационной работы и классифицировать потребителей объекта с определением нагрузок помещений молочно-товарного комплекса;
- определить расчетную мощность объекта и построить типовые суточные графики нагрузок и годовой график нагрузок молочно-товарного комплекса;
- провести выбор оборудования системы электроснабжения с учетом рассчитанных нагрузок, токов короткого замыкания и категории надежности объекта ВКР;

При выполнении выпускной квалификационной работы использованы современные подходы к проектированию систем электроснабжения предприятий АПК. При выборе оборудования предпочтение отдается энергетически эффективному оборудованию отечественного производства.

## 1 Характеристика объекта

Объектом ВКР является молочно-товарный комплекс на 400 голов КРС. Молочно-товарный комплекс (МТК) – это сельскохозяйственный комплекс, занимающийся полным циклом производства сырого молока. В состав МТК, кроме основных коровников для дойного стада, входят также вспомогательные помещения. Дойное стадо молочно-товарного комплекса включает в себя 400 голов крупного-рогатого скота.

На объекте предусматривается содержание черно-пестрой породы коров. Данная порода молочных коров характеризуется высоким объемом годового надоя – порядка 8000 ... 9000 кг/год. Жирность молока составляет примерно 3,7%. Данная порода коров характеризуется высокой требовательностью к типу кормов, для этого в составе МТФ предусмотрены: площадка для хранения грубых кормов; хранилище сена и площадка хранения кормовых корнеплодов. Основным достоинством данной породы является хорошая степень акклиматизации, а также высокие показатели здоровья. Распространенность данной породы на территории РФ составляет порядка

Молочно-товарный комплекс рассматриваемый в рамках выполнения ВКР обеспечивает полный цикл производства сырого молока, для этого на территории МТФ предусмотрены все необходимые помещения и участки. Общий состав Молочно-товарный комплекса на 400 голов представлен в таблице 2.

Таблица 2 – Помещения Молочно-товарного комплекса

Наименование помещения	Позиция на генеральном плане	Число помещений, шт.	Площадь помещен, м <sup>2</sup>
Коровник на 100 голов			
Доильный блок			
Родильное отделение			
Телятник на 140 голов			
Помещение для телок			

Продолжение таблицы 2

Наименование помещения	Позиция на генеральном плане	Число помещений, шт.	Площадь помещен, м <sup>2</sup>
Ветеринарный пункт и здание администрации			
Площадка для хранения грубых кормов			
Хранилище сена			
Площадка хранения кормовых корнеплодов			
Кормоцех			
Пункт технического обслуживания техники			
Пункт весового контроля			
Пункт санитарного контроля			
Водонапорная башня			
Площадка выгула КРС			
Дезинфекционный барьер			

Для круглогодичного получения сырого молока на объекте ВКР предусмотрены помещения: родильное отделение, телятник на 140 голов, помещение для телок.

Территория МТФ имеет ограждение. Допуск транспорта на территорию МТФ происходит только через пункты дезинфекции. Территория МТФ оборудована дорогами с асфальтовым покрытием. На территории МТФ не предусмотрено навозохранилище, так как по действующим нормативам навозохранилище должно располагаться на удалении от МТФ, также при выборе места расположения навозохранилища должно учитываться расположение близлежащих населенных пунктов.

Общая площадь территории, занимаемой молочно-товарным комплексом, составляет 39484,56 м<sup>2</sup>. Планируемая годовая выработка сырого молока составляет 3400000 кг.

Расположение помещений молочно-товарного комплекса (таблица 2) показаны на генеральном плане МТК, который представлен на рисунке 2.



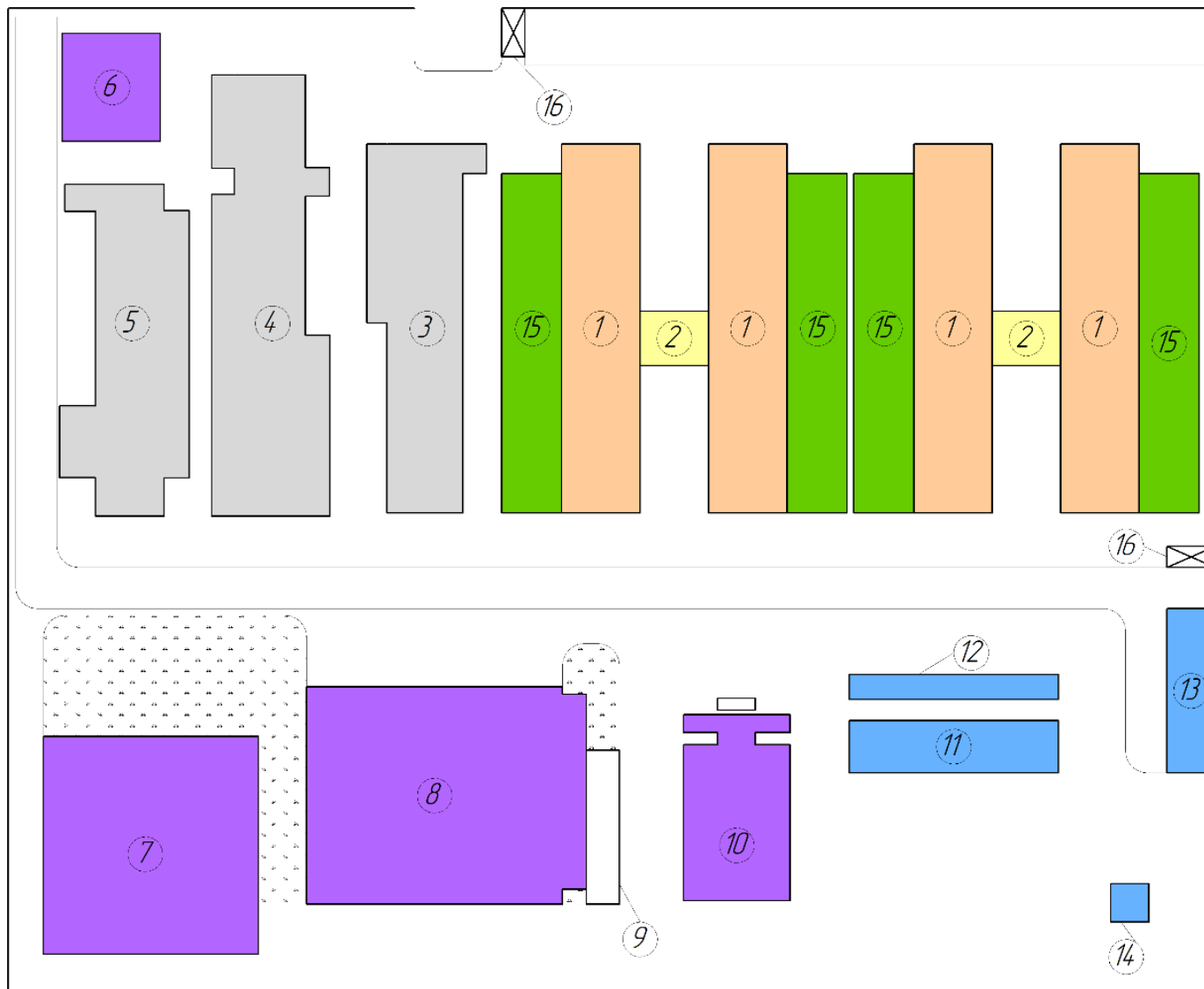


Рисунок 2 - Генеральный план молочно-товарного комплекса на 400 голов

Помещения МТК, которые задействованы в основном производственном процессе – процессе производства сырого молока являются помещения: коровник (позиция 1 на рисунке 2), доильный блок (позиция 2 на рисунке 2), а также площадка выгула КРС (позиция 15 на рисунке 2).

Технологический процесс производства сырого молока на современных молочно-товарных комплексах имеет высокую степень механизации и автоматизации. Оборудование, используемое в основных производственных помещениях представлено в таблице 3.

Таблица 3 - Оборудование помещений основного производства

Наименование оборудования	Количество, шт.	Номинальная мощность кВт
Оборудование коровника на 100 голов		
Оборудование для коров		

К-25 А		
А вт оп ои лк а А П- 1 А		
Тр ан сп ор тё р ск ре бк ов ы й дл я уб ор ки на во за Т С Н- 3. ОБ		
П ри це п т р ак то рн ы й дв ух ос н		

Ы й са мо св ал ьн ы й 2 П Т С- 4 М - 78 5 А		
Те ле ж ка ру чн ая Т У-		
Д ои ль н ы й аг ре га т А Д- 10 0 А		
Ко рм ор аз да тч ик		

тр ак то рн ы й ун ив ер са ль н ы й К Т У-		
Оборудование доильного отделения		
Ус та но вк а ва ку ум на я ун и ф иц ир ов ан на я У В У-		
Ба к мо ло ко пр иё		

М н ы й И 1- О Б М		
Э ле кт ро на гр ев ат ел ь У А П-		
Ст ел ла ж дл я фл яг		
О чи ст ит ел ь- ох ла ди те ль мо ло ка О М		
Ва нн		

а дл ит ел ьн ой па ст ер из ац ии Гб - О П Б-		
Н ас ос мо ло чн ы й це нт ро бе ж н ы й 36 - Щ		
Ц ен тр и фу га ла бо ра то рн		

ая Ц Л М П-		
Ве сы то ва рн ые Р П- 10 0 Ш		
Ш ка ф дл я хи м. ре ак ти во в		
Ст ол ла бо ра то рн ы й, ка рк ас н ы й С Л К		
Х ол од ил		



ЬН ая ус та но вк а М Х У- 8с		
Ш ка ф дл я од еж д ы Д Д-		
Ф ля га дл я мо ло ка Ф А-		
Ус тр ой ст во сл ив а У Н С-		
Ст ол мо нт		

а ж н ы й		
-----------------------	--	--

Для разработки проекта системы электроснабжения МТФ необходимо определить электрические нагрузки каждого из помещений, включая вспомогательные. Согласно [3], нагрузки объектов АПК при предварительных расчетах могут определяться упрощенно, в зависимости от типа помещения, числа содержащихся животных и годовой производительности продукции, в случае с объектом ВКР – сырого молока. Используя данные представленные в молочно-товарного комплекса, для этого составим таблицу 4.

В таблице 4 в столбце 6, содержатся расчетные значения установленной мощности для каждого типа помещения на объекте, которые определяются по выражению для каждого из помещений МТК по выражению:

$$P_{\text{уст}} = \sum_i P_{\text{уст},i} \cdot n$$

SEQ Формула \\* ARABIC 1)

где  $P_{\text{уст},i}$  – значение установленной активной мощности для  $i$ -го помещения, согласно данным представленным в [3], кВт/ед.;

$n$  – число единиц  $i$ -го помещения для объекта ВКР согласно генеральному плану, рисунок 2, единиц-штук.

$i$  – наименование помещения МТК согласно данным таблицы 2.

Для примера, по выражению (1), выполним расчет для помещения - коровник на 100 голов:

$$P_{\text{уст.}\Sigma i} = P_{\text{уст.}i} \cdot n = 31 \cdot 4 = 124 \text{ (кВт)}$$

Аналогично, по выражению (1) выполним расчеты для каждого помещения МТК и занесем в таблицу 4, столбец 6.

В таблице 4 представлены значения установленных мощностей помещений МТК без учета нагрузок системы внутреннего освещения.

Таблица 4 - Мощности помещений молочно-товарного комплекса

Наименование помещения	Позиция на генеральном плане	Число помещений на МТК, шт.	Установленная удельная мощность, кВт/ед.	Площадь помещен, м <sup>2</sup>	Установленная мощность для объекта
Коровник на 100 голов					
Доильный блок					
Родильное отделение					
Телятник на 140 голов					
Помещение для телок					
Ветеринарный пункт и здание администрации					
Площадка хранения и подготовки грубых кормов					
Хранилище кормов для поголовья КРС					
Площадка хранения и подготовки кормовых корнеплодов					
Кормоцех					
Пункт технического обслуживания техники					
Пункт весового контроля					
Пункт санитарного контроля					
Водонапорная башня					
Площадка выгула КРС					
Дезинфекционный барьер					
Общее число помещений МТК			Суммарное значение установленной мощности по объекту		

Суммарное значение установленной мощности по объекту, полученное в таблице 4 и равное 552 кВт не является расчетным значением активной мощности и должно быть уточнено после расчета нагрузки системы внутреннего и наружного освещения, а также определив для каждого помещения сезонные коэффициенты нагрузки и суточные коэффициенты нагрузки.

Для объекта ВКР необходимо определить категории надежности электроснабжения потребителей МТФ. Согласно [20] существует три основных категории надежности электроснабжения. Классификация помещений в [20] дана в общем виде, без отнесения к конкретному типу объекта. В [3] дана расширенная классификация категорий надежности для объектов АПК, согласно которой молочно-товарные комплексы, направленные на производство сырого молока с поголовьем дойного стада 400 голов и выше относятся к потребителям I категории надежности электроснабжения. Исходя из этого объект ВКР – молочно-товарный комплекс на 400 голов относится к потребителям I (первой) категории надежности электроснабжения и к системе электроснабжения данного объекта применяются все условия указанные в , а именно:

- питание всех электроприемников I (первой) категории надежности должно осуществляться от двух независимых (взаиморезервируемых) источников питания;
- перерыв в электроснабжении допускается только на время действия автоматического ввода резерва.

Также для объектов АПК, в частности для молочно-товарных комплексов по производству сырого молока, согласно [3] необходимо предусматривать резервный источник питания. Мощность резервного источника питания должно определяться расчетами, поэтому для объекта ВКР необходимо дополнительно выполнить расчет мощности этого источника и выбрать его тип.

Выводы по разделу 1.

В разделе 1 выполнено решение первой задачи выпускной квалификационной работы, определенной во введении. Дана краткая характеристика объекта ВКР – молочно-товарного комплекса на 400 голов. Определен генеральный план объекта ВКР и определены помещения входящие в состав МТФ и их площадь. Общая площадь территории занимаемой МТФ составляет 39484,56 м<sup>2</sup>, а расчетная выработка сырого молока 3400000 кг/год.

Представлено краткое описание технологического процесса получения на объекте готовой продукции – сырого молока.

Согласно генеральному плану молочно-товарного комплекса определены площади каждого помещения, которые будут использованы при расчете системы внутреннего освещения.

Для определения расчетной нагрузки МТК и выбору соответствующего оборудования системы электроснабжения определены установленные мощности каждого помещения МТК. Также определено суммарное значение установленной мощности всего объекта без учета мощности систем наружного и внутреннего освещения. Суммарное значение установленной мощности М

Т Установлено, что объект ВКР относится к потребителям I (первой) Категории надежности электроснабжения. Также определено, что МТК должен ~~и~~ ~~усть~~ ~~МТК~~ ~~з~~ ~~ер~~ ~~в~~ ~~ь~~ ~~(~~ ~~к~~ ~~В~~ ~~и~~ ~~с~~ источник питания, мощность и тип которого будут определены в соответствующем разделе ВКР.

В итоге выполнения раздела 1 получены исходные данные для выполнения выпускной квалификационной работы.

## **2 Расчет освещения**

В разделе выполнен расчет мощности внутреннего и внешнего освещения объекта ВКР. Выполнение данного раздела необходимо для учета мощности системы освещения в общем расчете силовых электрических нагрузок.

Качественный расчет системы наружного и внутреннего освещения необходим для обеспечения требуемого уровня освещенности при проведении работ. Согласно современным исследованиям [4], использование повышенных значений освещенности и применение световых установок требуемого спектра и цветовой температуры свечения способствует снижению себестоимости производимой продукции – сырого молока, а также повышению уровня надоев наряду с повышением устойчивости поголовья КРС к болезням. Также уровень и качество освещения также оказывает существенное влияние на повышение воспроизводительной способности КРС.

### **2.1 Расчет системы наружного освещения**

Расчет системы наружного освещения будем выполнять на основе генерального плана МТК (рисунок 2).

Для системы наружного освещения молочно-товарного комплекса необходимо применять только современные высокоэффективные источники света – светодиодные светильники. Главными критериями в выборе светодиодных светильников являются:

- номинальная мощность светильника;
- световой поток светильника;
- форма кривой силы света (КСС) светодиодного светильника;
- цветовая температура светильника.

Параметры: номинальная мощность и световой поток определяются по расчетным значениям при проектировании системы освещения, а цветовая

температура определяется исходя из показателя комфортного восприятия освещения. Стоит так же отметить, что светильники с высокими значениями цветовой температуры, более 5000 К, имеют более высокий световой поток в сравнении со светильниками с цветовой температурой 4300 К, соответствующей дневному освещению. Однако, цветовая температура дневного цвета является более комфортной для работы в ночное время, что справедливо для молочно-товарного комплекса. Поэтому при выборе светодиодных уличных светильников выбор будем производить исходя из значений цветовой температуры на уровне 4000 ... 4500 К.

При выборе светодиодного светильника следует уделить особое внимание форме КСС, так как эта характеристика светодиодного светильника определяется равномерность уличного освещения и допустимую высоту подвеса светильника.

По форме кривые силы света подразделяются согласно [13] на:

- концентрированная;
- глубокая;
- косинусная;
- полуширокая;
- широкая;
- равномерная;
- синусная.

Параметры, характеризующие каждый тип кривой силы света представлены в таблице 5.

Таблица 5 - Характеристики кривых силы света

Наименование КСС	Зона максимальной силы света	Коэффициент формы КСС, $K_{ф.КСС}$
Концентрированная (К)	$0^\circ \dots 15^\circ$	$K_{ф.КСС} \geq 3$
Глубокая (Г)	$0^\circ \dots 30^\circ$	$2 \leq K_{ф.КСС} < 3$
Косинусная (Д)	$0^\circ \dots 35^\circ$	$1,3 \leq K_{ф.КСС} < 2$
Полуширокая (Л)	$35^\circ \dots 55^\circ$	$1,3 \leq K_{ф.КСС} < 2$
Широкая (Ш)	$55^\circ \dots 85^\circ$	$1,5 \leq K_{ф.КСС} < 3,5$



Продолжение таблицы 5

Наименование КСС	Зона максимальной силы света	Коэффициент формы КСС, $K_{\phi.KCC}$
Равномерная (М)	0° ... 90°	$K_{\phi.KCC} \leq 1,3$
Синусная (С)	70° ... 90°	$K_{\phi.KCC} > 1,3$

Эффективность светодиодного светильника оценивается по выражению:

$$K_{\text{эфф.л}} = \frac{\Phi_{\text{в.л.л.ед}}}{K_{\text{с.с.п}} \cdot P_{\text{ном.л.ед}}} \quad (\text{SEQ Формула \* ARABIC 2})$$

где  $\Phi_{\text{в.л.л.ед}}$  – номинальное значение светового потока, выбранного в проекте системы наружного освещения, лм;

$K_{\text{с.с.п}}$  – коэффициент, учитывающий снижение светового потока светильника в процессе эксплуатации после его стабилизации через 15 с после включения. Принимается  $K_{\text{с.с.п}} = 1,08$  согласно [13];

$P_{\text{ном.л.ед}}$  – номинальная активная мощность светодиодного светильника, принимается по каталогам производителей светодиодных светильников [15], Вт.

Для определения требуемого числа светильников уличного освещения необходимо определиться с высотой установки, которая зависит от типа опор уличного освещения.

Тип опор уличного освещения выбирается исходя из ширины проезжей части, схемы расстановки опор вдоль проезжей части, площади зон проведения работ и т.д.

Согласно генеральному плану молочно-товарного комплекса, рисунок 2,

ш  
и  
р  
и  
н  
а

Таблица 6 - Характеристики опоры типа ОГК-10(1)

Наименование параметра	Единица измерения	Обозначение параметра	Значение параметра
Высота опоры над уровнем земли	м	$H_{\text{ОГК-10}}$	
Способность поддержки СИП			нет
Тип подвода кабеля питания			нижний
Масса опоры	кг	$m_{\text{ОГК-10}}$	146
Толщина листа	мм		
Верхний диаметр опоры	мм	$d_{\text{верх.ОГК-10}}$	68
Нижний диаметр опоры	мм	$d_{\text{нижн.ОГК-10}}$	166
Размер опорного фланца	мм×мм	$A_{\text{ОФ.ОГК-10}} \times B_{\text{ОФ.ОГК-10}}$	×400

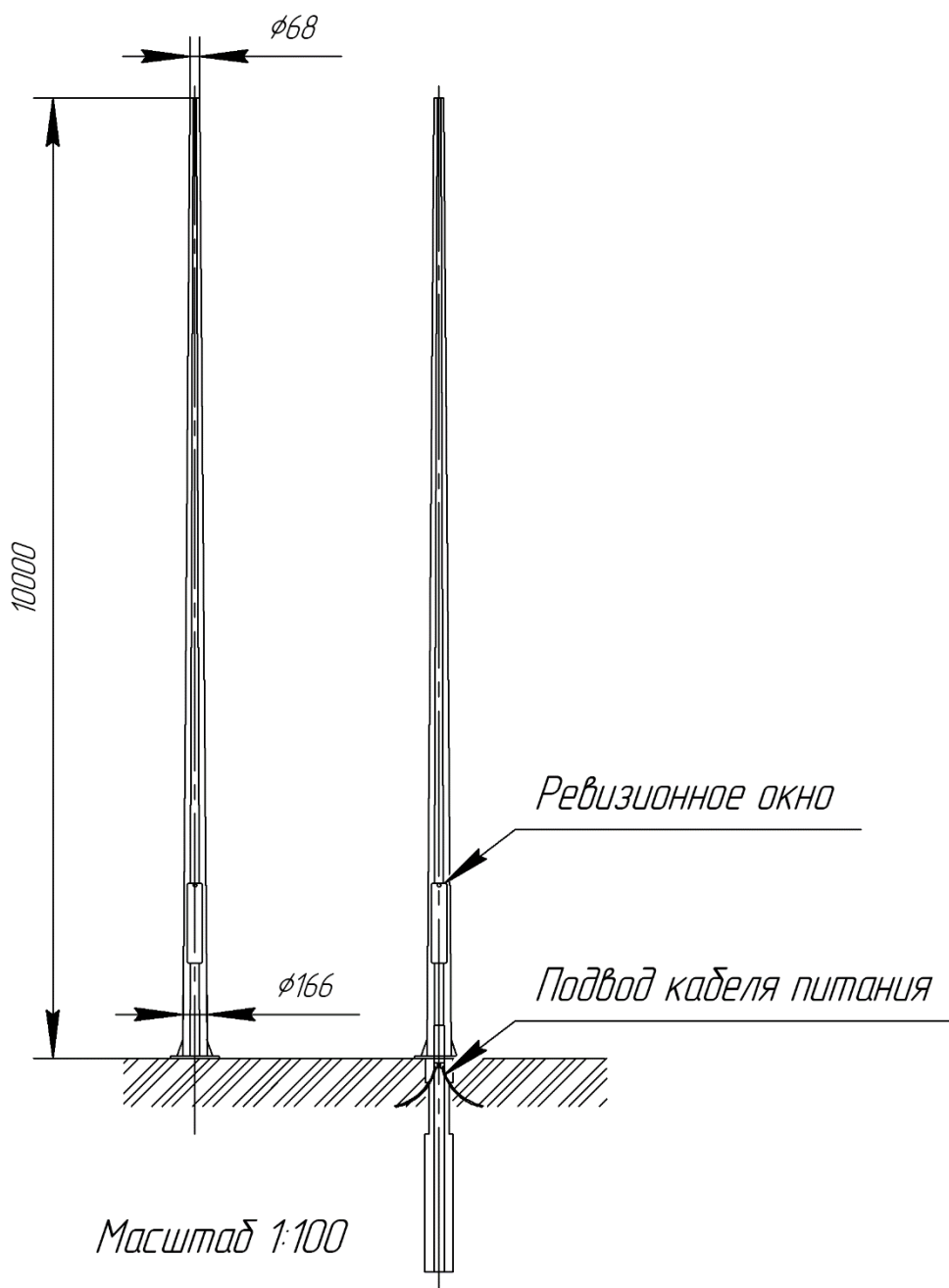


Рисунок 3 - Чертеж опоры освещения типа ОГК-10(1)

Характеристики кронштейна типа К1-2,0-1,0-1-1 для установки на опору ОГК-10(1) уличного светильника представлены в таблице 7, чертеж кронштейна показан на рисунке 4.

Таблица 7 - Характеристики кронштейна К1-2,0-1,0-1-1

Наименование параметра	Единица измерения	Обозначение параметра	Значение параметра
Тип кронштейна			Консольный-однорожковый
Угол наклона кронштейна	°	$\alpha_{К1}$	
Масса	кг	$m_{К1}$	146
Вертикальный размер	мм	$H_{К1}$	00
Горизонтальный размер	мм	$B_{К1}$	
Посадочный диаметр кронштейна	мм	$d_{К1}$	
Посадочный диаметр опоры кронштейна	мм	$d_{оп}$	

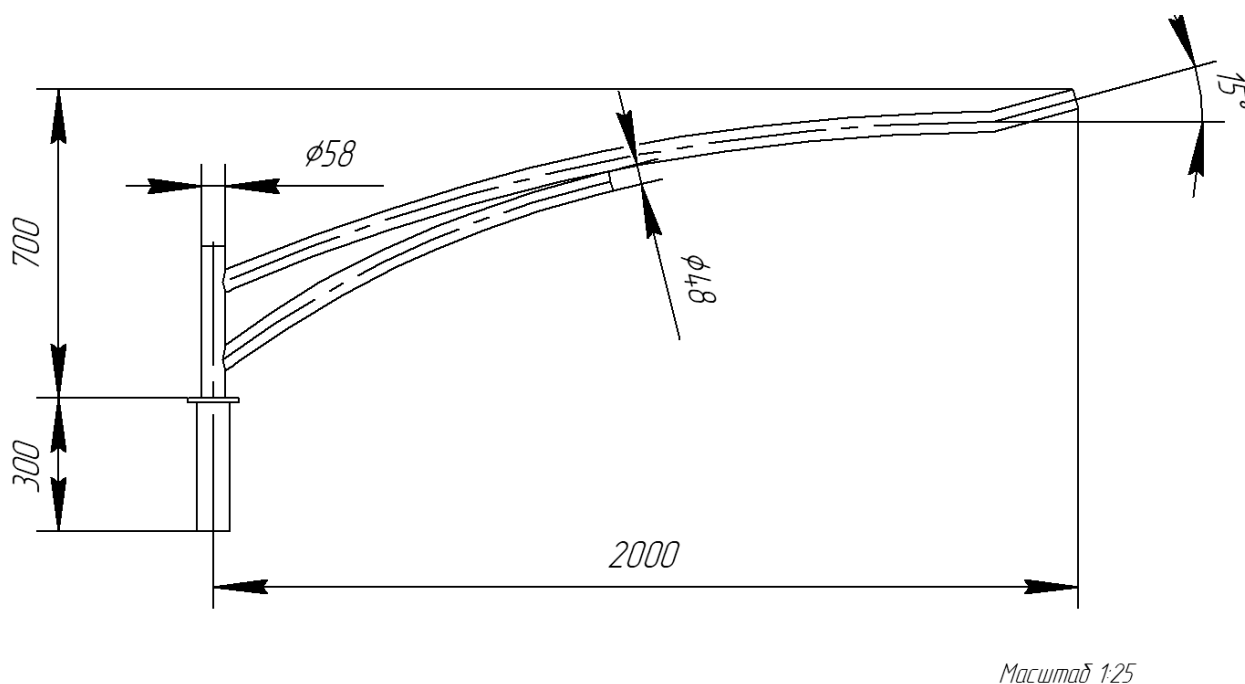


Рисунок 4 – Кронштейн К1-2,0-1,0-1-1

Высота установки уличного светильника с учетом высоты опоры и кронштейна составляет:

$$H_{УСВ} = B_{К1} + H_{ОГК-10} = 700 + 10000 = 10700 \text{ (мм)}$$

Далее необходимо определить требуемый световой поток светильника для уличного использования. Расчет и выбор светильника для уличного освещения выполним с использованием специализированного программного обеспечения DIALux evo. Данный программный продукт позволяет выполнять расчет как уличного, так и внутреннего освещения. Алгоритм расчета уличного освещения в DIALux evo:

- создание проекта расчета уличного освещения;
- ввод параметров проезжей части, определяется согласно г
- высота установки светильников, определяется по характеристикам выбранной опоры освещения и по характеристикам кронштейна. Е
- ввод угла наклона светильника. Принимаем равной  $\alpha K1=15^\circ$ ;
- ввод расстояния от проезжей части до точки установки опоры освещения. Принимаем равной 0,5 м;
- ввод расстояния между опорами освещения. Принимаем от 8 до 10 м с шагом 1 м. Это позволит выполнить оптимизацию расчета по значениям расстояния между опорами;
- импорт файла светильника в формате IES с сайта производителя или из каталогов программы DIALux evo для выполнения расчета освещенности.

Алгоритм расчета, обычно, выполняется для нескольких различных видов светильников. Исходя из полученных результатов расчета выбирается оптимальный вариант светильника по полученным расчетным значениям уровня освещенности.

Для предварительного расчета выбираем светильник отечественного производителя ООО «Световые Технологии» марки FREGAT LED 35W [15].

Результаты расчета в программе DIALux evo представим в таблице 8 и на рисунке 5.

и

н

и

Таблица 8 - Результаты расчета уличного освещения

Ширина, м	Длина участка, м									

По результатам расчета получено, что расстояние между опорами уличного освещения с учетом выбранных кронштейнов составляет 20 м.

Максимальная освещенность при выбранной шахматной компоновке опор уличного освещения вдоль проездов составляет  $E_{max} = 23,5$  (лк), минимальная освещенность составила  $E_{min} = 19,7$  (лк), а средняя о

с Для определения общего числа светильников уличного освещения для установки на территории МТК на генеральном плане разместим согласно расчетным размерам опоры освещения. Общее число опор уличного освещения для дорог составляет 85 шт., дополнительно аналогичные светильники устанавливаются над пунктами дезинфекции, а также над въездами в корпуса 1, 2, 3, 4, 5, 8, 10. Общее число светильников уличного освещения составляет 100 шт.

о  
с  
т  
ь  
  
н  
а  
  
у  
ч

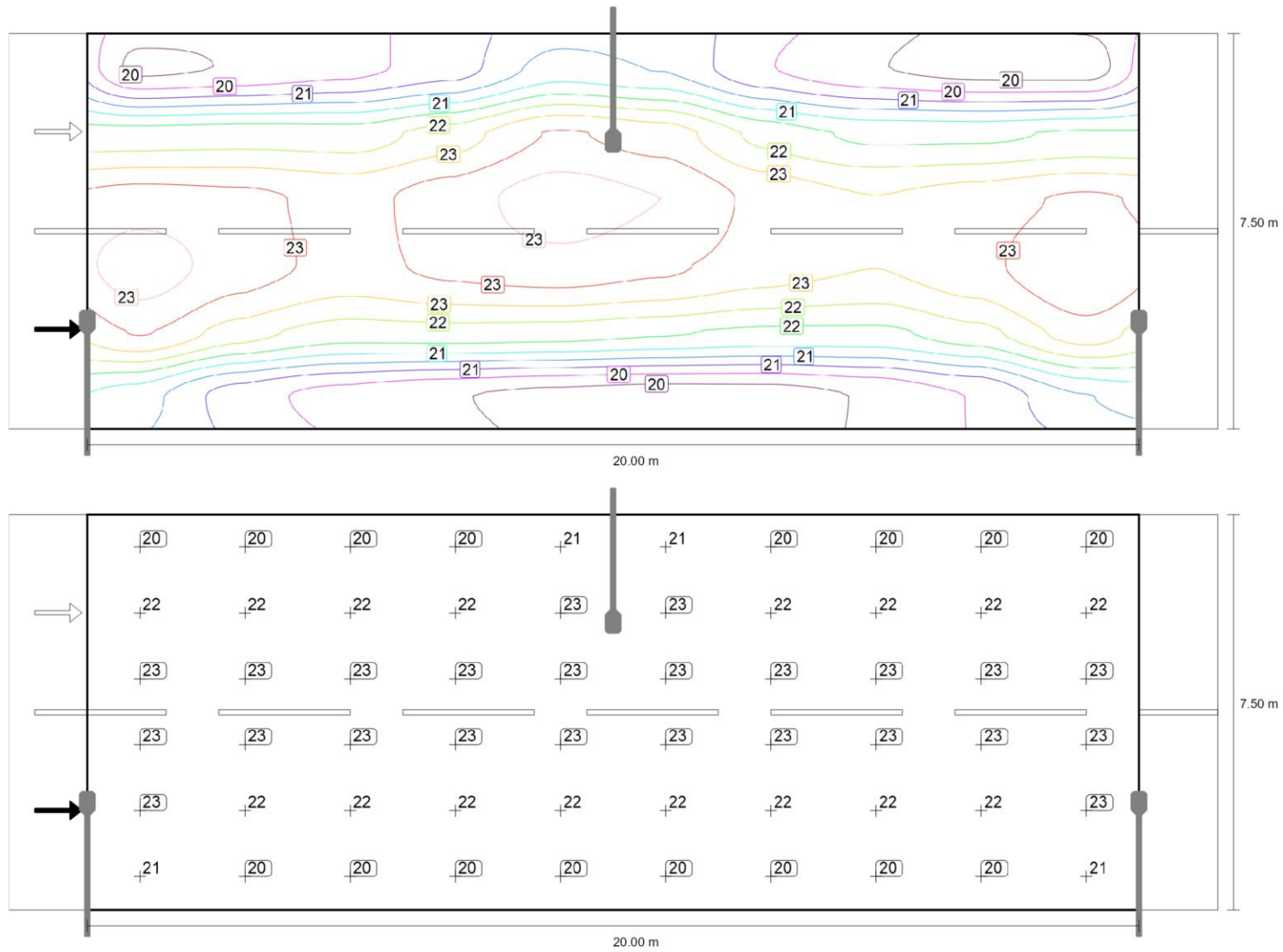


Рисунок 5 - Результаты расчета системы уличного освещения

Мощность системы уличного освещения определим по выражению:

$$P_{с.у} = I \cdot n \cdot K_c$$

где  $P_{ном.УС}$  – номинальная мощность уличного светильника, определяется по каталогу производителя [15], Вт;

$n$  – число уличных светильников, устанавливаемых на МТК, по результатам расчета принимаем  $n = 100$  (шт.);

$K_{с.осв}$  – коэффициент спроса системы уличного освещения,

п

р

П и

о н

$$P_{с.у.0} = P_{ном.УС} \cdot n \cdot K_{с.осв} = 35 \cdot 100 \cdot 1 = 3500 \text{ (Вт)}$$

с м

Полная мощность системы уличного освещения определяется выражением:

ч т

е с

т я

$$S_{с.у.0} = \frac{P_{с.у.0}}{\cos \varphi_{УС}} = \frac{3500}{0,95} = 3684,2 \text{ (ВА)}$$

о

Паспортные данные выбранного уличного светильника, определенные по полному каталогу производителя [16] представлены в таблице 9.

М В

Таблица 9 - Паспортные данные светильника уличного освещения

о н

Щ	Ы	Наименование параметра	Единица измерения параметра	Значение параметра
Н	М	Наименование светильника		FREGAT LED 35W
О	И	Исполнение светильника		D

с

т

и

Мощность светильника	Вт	
Климатическое исполнение светильника		УХЛ1
Температура эксплуатации	°С	-40 ... +60
Коэффициент мощности		

Продолжение таблицы 9

Наименование параметра	Единица измерения параметра	Значение параметра
Коррелированная цветовая температура излучения светильника, измеренная в интегрирующей сфере		
Индекс цветопередачи		>70
Номинальный световой поток	лм	
Световая отдача светильника	лм/Вт	
Коэффициент пульсации светового потока светильника		<5
Рабочее напряжение питания светильника	В	100 ... 305
Тип КСС		Д
Угол рассеивания		
Пусковой ток	А	
Время импульса пускового тока	мс	
Класс энергетической эффективности светильника		A++
Возможность регулирования светового потока		Да

Схема подключения светильника представлена на рисунке 6.

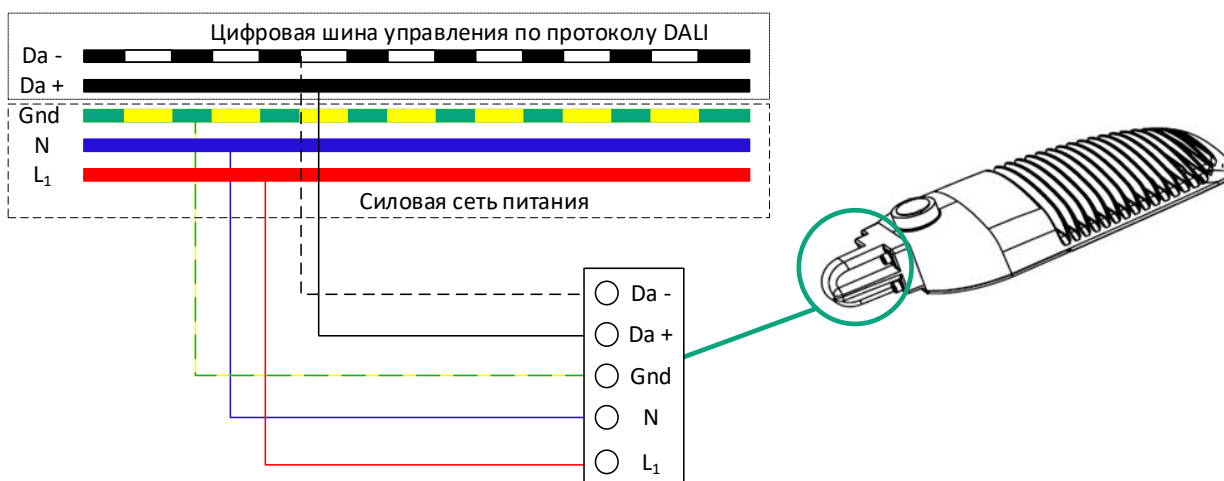


Рисунок 6 - Схема подключения уличного светильника к фазе А

После выбора уличных светильников и расчета активной мощности  $P_{C.YO}=3500$  (Вт) и полной мощности  $S_{C.YO}=3684,2$  (ВА) необходимо



определить необходимые компоненты системы питания светильников, что будет рассмотрено в последующих разделах ВКР.

## 2.2 Расчет системы внутреннего освещения

Выполним расчет системы внутреннего освещения на примере помещения основного производства – коровника на 100 голов (позиция 1 рисунок 2). Алгоритм расчета освещения помещений в программе DIALux evo:

- ввод размеров помещения для расчета. Задаем согласно генеральному плану МТК 67×15 (м);
- определение светильника, используемого в проекте. Для коровника на 100 голов КРС примем светильник производства ООО «Световые технологии» марки SLICK.PRS AGRO LED 45 5000К, который предназначен в системах освещения предприятий агропромышленного комплекса;
- определение требуемой освещенности в помещении коровника на 100 голов КРС. Принимаем расчетную освещенность на уровне 200 Лк согласно [4];
- автоматическое распределение светильников по помещению исходя из требований по уровню освещенности;
- выполнение расчета уровня освещенности на рабочей поверхности. Для коровника принято за высоту рабочей поверхности принять высоту кормушек, согласно [4], принимаем 0,8 м;
- корректировка расположения светильников и установка дополнительных светильников при необходимости для получения требуемого значения равномерности;
- выполнение итогового расчета и генерация плана распределения установок внутреннего освещения.

При выполнении расчетов для системы освещения коровника на 100 голов КРС в программе DIALux evo получен план помещения с распределением светильников и границами изолюкс, представленный на рисунке 7. Общее число светильников, полученное по результатам расчета,

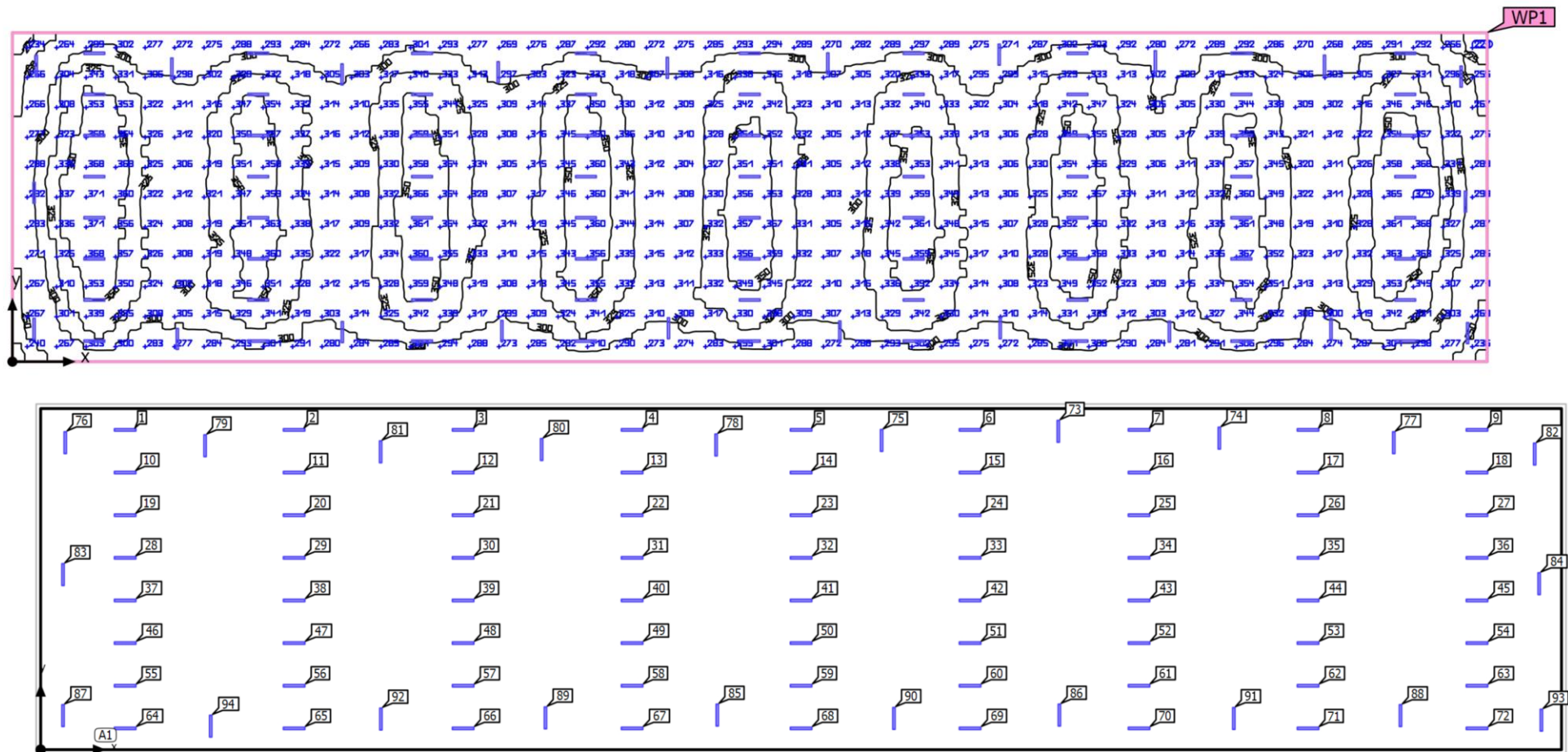


Рисунок 7 - Результаты расчета освещения помещения коровника на 100 голов КРС

Паспортные данные светильников, принятых для установки в помещении коровника на 100 голов КРС представлены в таблице 10, согласно [17].

Таблица 10 -Паспортные данные светильника системы освещения коровника

Наименование параметра	Единица измерения параметра	Значение параметра
Наименование светильника		SLICK.PRS AGRO LED 45
Мощность светильника	Вт	
Коэффициент мощности		>
Коррелированная цветовая температура излучения светильника, измеренная в интегрирующей сфере	К	
Угол рассеивания		D120
Пусковой ток	А	
Время импульса пускового тока	мкс	
Номинальный световой поток	лм	
Световая отдача светильника	лм/Вт	
Класс энергетической эффективности		A+

Расчетные значения полученные для системы освещения помещения коровника на 100 голов КРС:

- М
- М
- В
- Коэффициент равномерности освещения помещения коровника на
- Ф

Полученные в результате расчета внутренней системы освещения коровника получены значения, превышающие установленные в 200 лк. Однако, для использования в системе внутреннего освещения приняты светильники с коррелированной цветовой температурой излучения, измеренной в интегрирующей сфере на уровне 5000 К, что превышает рекомендуемое для применения в коровнике 4000 ... 4500 К. Такое проектное решение принято исходя из отсутствия паспортных данных для подобных светильников, однако по данным каталога ООО «Световые Технологии»

И

К

В

светильники с такой коррелированной цветовой температурой излучения (КЦТИ) могут быть произведены по заказу. При этом отличий в характеристиках светильника, кроме КЦТИ, светового потока, а также эффективности светильника, не будет. Сниженное значение эффективности светильника и светового потока при использовании КЦТИ 4000 ... 4500 К позволит при выбранном расположении светильников добиться более низких значений освещенности.

Мощность системы освещения коровника:

$$\begin{aligned}
 P_{\text{с.о.п}} &= P_{\text{н}} \\
 &\cdot n_{\text{с.п}} \\
 &\cdot K_{\text{с.с}} \\
 &= 40 \\
 &\cdot 94 \\
 &\cdot 0,8 \\
 &= 31
 \end{aligned}$$

SEQ Формула \\* ARABIC 4)

где  $P_{\text{ном.с}}$  – номинальная мощность светильника устанавливаемого в

п

$n_{\text{с.к}}$  – число светильников, принятых для установки в системе

м

я

Определим удельную мощность системы освещения коровника:

ф

р

я

$$p_{\text{уд.с.о.к}} = \frac{P_{\text{с.о.к}}}{S_{\text{кор.}}} = \frac{3196}{965,5} = 3,3 \text{ (Вт/м}^2\text{)}$$

г я

н

$S_{\text{кор.}}$  – площадь помещения коровника, принимаем  $S_{\text{кор.}} = 965,5 \text{ (м}^2\text{)}$

$P_{\text{с.о.к}}$  – мощность системы освещения коровника, принимаем

о

р

е

Согласно [3] при укрупненном расчете мощности системы освещения помещений коровников удельная мощность системы внутреннего освещения может быть принята на уровне  $p_{уд.с.о.к} = 4,5$  (Вт/м<sup>2</sup>). Однако при этом

р  
е  
к  
о  
м  
е  
н

Для укрупненного расчета мощности системы освещения остальных помещений МТК воспользуемся методикой удельной мощности, однако будем использовать дополнительные коэффициенты позволяющие учесть использование в системе освещения светодиодных светильников. Расчет выполним используя выражение:

н

$aP_{с.о.л}$

$я= p_y$

$\cdot K_{с.с}$

$M S_i$

SEQ Формула \\* ARABIC 5)

где  $p_{уд.с.о.LED.i}$  – удельная мощность системы освещения  $i$ -го помещения

щ

$M$

н

$K_{с.осв}$  – коэффициент спроса системы освещения  $i$ -го помещения

о

МТК;

с

т

$c$

ь

Корректирующий коэффициент МТК и удельной мощности определим по выражению:

е

$ч$

д

$e$  – площадь  $i$ -го помещения МТК, м<sup>2</sup>.

и

$T$

н

$$K_{\text{ККУ}} = \frac{P_{\text{т}}}{P_{\text{т}}} - 1 \quad \text{SEQ Формула \* ARABIC 6)}$$

где  $P_{\text{НОМ.СВ.РЕК}}$  – номинальная мощность рекомендуемых светильников согласно [3], Вт;

$P_{\text{НОМ.СВ.LED}}$  – номинальная мощность используемого в системе освещения светодиодного светильника, Вт.

Удельную мощность системы освещения с учетом установки светодиодных светильников определим по выражению:

$$p_{\text{уд.с}} = K_{\text{ККУМ}} \cdot p_{\text{уд}} \quad \text{SEQ Формула \* ARABIC 7)}$$

где  $K_{\text{ККУМ}}$  – расчетный коэффициент использования светодиодных светильников в системе освещения рассчитанный по выражению (6);

$p_{\text{уд.с.о.}i}$  – удельная мощность системы внутреннего освещения  $i$ -го помещения МТК при использовании утилитарных осветительных установок, принимается согласно [3].

Выполним проверочный расчет по выражениям (5), (6) и (7) для системы освещения коровника на 100 голов КРС.

По выражению (6) определим значение расчетного коэффициента:

$$K_{\text{ККУМ}} = \frac{P_{\text{НОМ.СВ.РЕК}}}{P_{\text{НОМ.СВ.LED}}} - 1 = \frac{75}{40} - 1 = 0,875$$

По выражению (7) определим значение удельной мощности системы освещения коровника на 100 голов:

$$\begin{aligned}
& p_{уд.с} \\
& = K \\
& \cdot p_{уд} \\
& = 0, \\
& \cdot 4,5 \\
& = 3, \\
& /м^2
\end{aligned}$$

SEQ Формула \\* ARABIC 8)

По выражению (5) определим мощность системы освещения коровника на 100 голов с учетом расчетных коэффициентов:

$$P_{C.O.LED.K} = p_{уд.C.O.LED.K} \cdot K_{с.осв} \cdot S_K = 3,94 \cdot 0,85 \cdot 965,5 = 3231,4 \text{ (Вт)}$$

Определим отклонение значение мощности освещения полученного по выражениям (5), (6) и (7) для коровника на 100 голов от значения полученного по выражению (4). Отклонение определим по выражению:

$$\Delta P_{C.O.\%} = \left(1 - \frac{P_{C.O.LED.K}}{P_{C.O.K}}\right) \cdot 100 = \left[1 - \frac{3231,4}{3196}\right] \cdot 100 = 1,1 \text{ (\%)}$$

Таким образом значение мощности системы освещения коровника на 100 голов КРС полученное по методике представленной выражениями (5), (6) и (7) от значения полученного при расчете в программе DIALux составляет примерно 1%, что является удовлетворительным.

Выполним расчет мощности систем освещения для всех помещений МТК используя методику (5), (6) и (7). Все расчеты сведем в таблицу 11.

Для унификации используемых светильников внутреннего освещения помещений МТК используются два вида светильников:

- А
- L
- S
- P



паспортные данные представлены в таблице 10.

Все светильники, используемые в системах внутреннего освещения помещений МТК разработаны и производятся в Российской Федерации. Производитель ООО «Световые Технологии» зарекомендовал себя как надежный поставщик светотехнической продукции для различных отраслей народного хозяйства страны.

Таблица 11 - Расчет мощности системы освещения помещений МТК

Наименование помещения	Площадь помещен, м <sup>2</sup>	Удельная мощность системы утилитарного освещения, Вт/м <sup>2</sup>	Мощность установки утилитарного освещения, Вт	Мощность светильника LED, Вт	Расчетная мощность системы освещения с LED светильниками, Вт	Тип светильника
Коровник на 100 голов						SLICK.PRS AGRO LED 45
Доильный блок						SLICK.PRS AGRO LED 45
Родильное отделение						SLICK.PRS AGRO LED 45
Телятник на 140 голов						SLICK.PRS AGRO LED 45
Помещение для телок						SLICK.PRS AGRO LED 45
Ветеринарный пункт и здание администрации						ALS.PRS UNI LED 1200 4000K
Площадка для хранения грубых кормов						ALS.PRS UNI LED 1200 4000K
Хранилище сена						ALS.PRS UNI LED 1200 4000K
Площадка хранения кормовых корнеплодов						ALS.PRS UNI LED 1200 4000K
Кормоцех						SLICK.PRS AGRO LED 45
Пункт технического обслуживания техники						ALS.PRS UNI LED 1200 4000K
Пункт весового контроля						ALS.PRS UNI LED 1200 4000K

Продолжение таблицы 11

Наименование помещения	Площадь помещен, м <sup>2</sup>	Удельная мощность системы утилитарного освещения, Вт/м <sup>2</sup>	Мощность установки утилитарного освещения, Вт	Мощность светильника LED, Вт	Расчетная мощность системы освещения с LED светильниками, Вт	Тип светильника
Пункт санитарного контроля						ALS.PRS UNI LED 1200 4000K
Водонапорная башня						
Площадка выгула КРС						
Дезинфекционный барьер						ALS.PRS UNI LED 1200 4000K
Итого по системе внутреннего освещения МТК, Вт						

Таблица 12 - Паспортные данные светильника для внутреннего освещения

Наименование параметра	Единица измерения параметра	Значение параметра
Наименование светильника		ALS.PRS UNI LED 1200 4000K
Мощность светильника	Вт	
Коэффициент мощности		>
Коррелированная цветовая температура излучения светильника, измеренная в интегрирующей сфере	К	
Угол рассеивания		D120
Пусковой ток	А	
Время импульса пускового тока	мкс	
Номинальный световой поток	лм	
Световая отдача светильника	лм/Вт	
Класс энергетической эффективности		A+

Выводы по разделу 2.

В рамках выполнения второго раздела выпускной квалификационной работы выполнен расчет систем уличного и внутреннего освещения молочно-товарного комплекса на 400 голов КРС.

Расчет систем внутреннего и наружного освещений выполнен с использованием специализированного программного продукта распространяемого бесплатно DIALux evo. Главным преимуществом использования данного продукта является простота получения лицензии для выполнения расчетов систем освещения.

Для системы уличного освещения территории МТК выбраны светильники производства ООО «световые Технологии» марки FREGAT LED устанавливаются на опоры марки ОГК-10(1) с использованием кронштейна К1-2,0-1,0-1-1. Светильники марки FREGAT LED 35W имеют функцию управления освещением по протоколу DALI, что позволит в процессе эксплуатации снизить затраты на электрическую энергию потребляемую системой уличного освещения. Значение активной мощности системы уличного освещения территории МТК составляет  $P_{с.у.0} = 3500$  (Вт), а полной

м

о

щ

н

о

Расчет системы внутреннего освещения подробно выполнен в программе DIALux evo для помещения коровника на 100 голов КРС. По результатам данного расчета приняты к установке светодиодные светильники марки SLICK.PRS AGRO LED 45 мощностью 40 Вт. Данные светильники предназначены для использования на предприятиях агропромышленного комплекса. Уровень освещенности помещения коровника на 100 голов определялся на основании научных работ связывающих уровень нормируемой освещенности с уровнями надоев. Исходя из этого среднее значение освещенности, создаваемое спроектированной системы, составляет 200 лк.

Для расчета системы внутреннего освещения других помещений МТК использована методика позволяющая скорректировать удельную мощность системы освещения с учетом перехода от утилитарных установок освещения к светодиодным.

Для помещений, не относящихся к содержанию поголовья КРС принято использование светодиодного светильника марки ALS.PRS UNI LED 1200 производства ООО «Световые Технологии».

### 3 Определение расчетных электрических нагрузок

В данном разделе выпускной квалификационной работы выполняется итоговый расчет электрических нагрузок молочно-товарного комплекса с учетом нагрузок силовых электроприемников, определенных в первом разделе

В

К

Р

$P_{уст.МТК}=552$  (кВт), и с учетом мощности установок наружного и внутреннего освещения, которые были определены во втором разделе выпускной квалификационной работы. Во втором разделе ВКР определена мощность системы внутреннего освещения территории МТК. Мощность МТК и мощность системы внутреннего освещения территории МТК составляем  $P_{сум}$  для помещений каждого типа выполним в таблице 13.

Итоговое значение мощности с учетом системы внутреннего освещения составляет 624,4 кВт. Определим суммарную установленную мощность МТК с учетом мощности системы освещения:

$$P_{уст.МТК} = P_{уст.С.пом} + P_{С.У.О} = 624,4 + 3,5 = 627,9 \text{ (кВт)}$$

О

Далее определим полную установленную мощность молочно-товарного комплекса на 400 голов КРС:

О

$S_{уст.М}$

$$= \frac{P_{ус}}{С}$$

$$= \frac{62}{0,9}$$

$$= 71$$

О

С

Т

И

SEQ Формула \\* ARABIC 9)

С учетом полученного значения установленной полной мощности МТК по выражению (9) построим суточные графики нагрузки МТК с учетом типовых графиков представленных в [11]. Суточные графики полной мощности для МТК представлены на рисунке 8 и рисунке 9.

Таблица 13 - Расчет мощности с учетом системы внутреннего освещения

Наименование помещения	Позиция на генеральном плане	Число помещений на МТК, шт.	Установленная активная мощность силовых электроприемников для объекта, кВт	Мощность системы освещения с учетом числа помещений, Вт	Итоговая активная мощность объекта, кВт
Коровник на 100 голов	1	4	124	3231,41	137
Доильный блок	2	2	70	1436,4	72,9
Родильное отделение	3	1	19	18488,44	37,5
Телятник на 140 голов	4	1	19	4282,05	23,3
Помещение для телок	5	1	20	2657,21	22,7
Ветеринарный пункт и здание администрации	6	1	25	4222,12	29,3
Площадка хранения и подготовки грубых кормов	7	1	30	3491,46	33,5
Хранилище кормов для поголовья КРС	8	1	25	4485,48	29,5
Площадка хранения и подготовки кормовых корнеплодов	9	1	30	380,21	30,4
Кормоцех	10	1	20	6659,84	26,7
Пункт технического обслуживания техники	11	1	70	3002,52	73,1
Пункт весового контроля	12	1	5	1565,45	6,6
Пункт санитарного контроля	13	1	5	3149,93	8,2
Водонапорная башня	14	1	60	-	60
Площадка выгула КРС	15	4	20	-	20
Дезинфекционный барьер	16	2	10	302,56	10,7
Итого по МТК с учетом внутреннего освещения					621,4





Рисунок 8 - График полной мощности для зимних суток

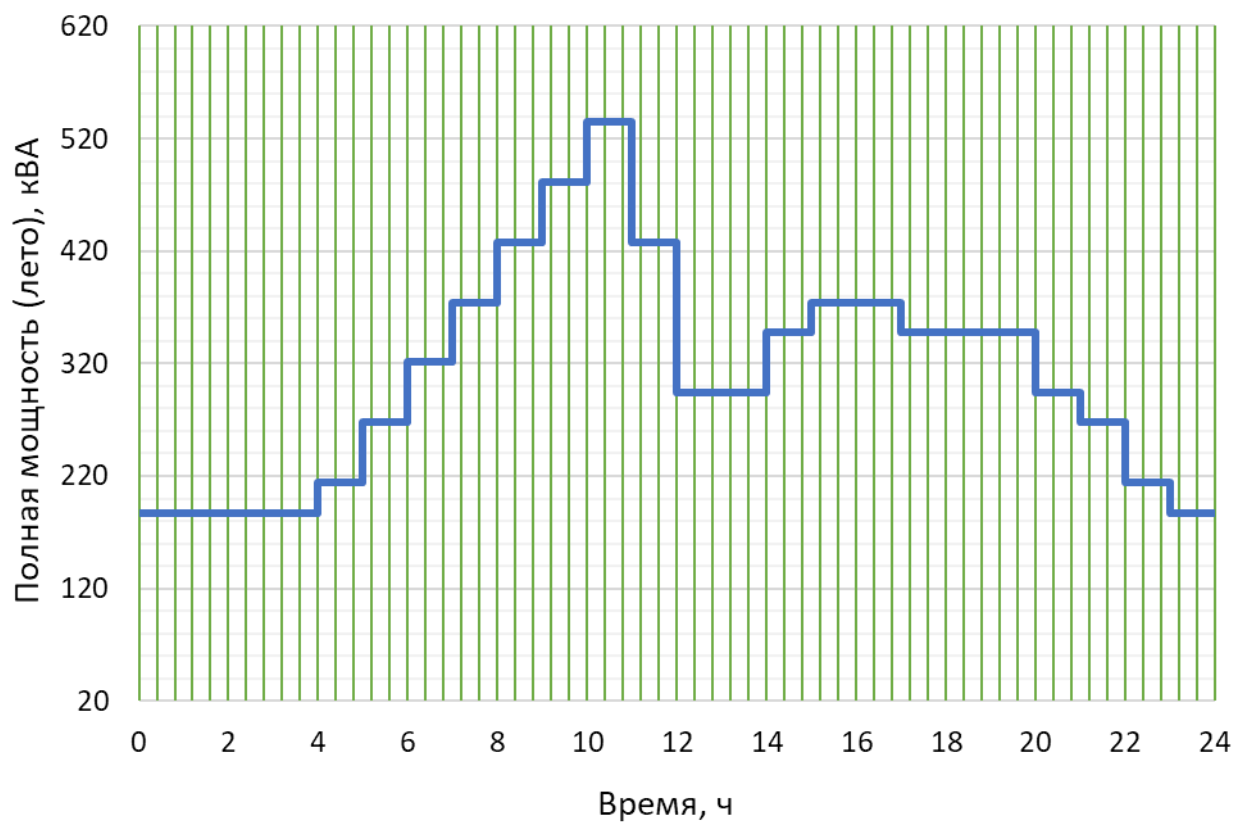


Рисунок 9 - График полной мощности для летних суток

Данные для суточных графиков сведем таблицу 14.

Таблица 14 - Данные суточных графиков нагрузки

Номер часа суток	Коэффициент зимнего графика	Коэффициент летнего графика	Значение полной мощности для зимнего графика, кВА	Значение полной мощности для летнего графика, кВА
1	0,4	0,35	214,1	187,3
2	0,4	0,35	214,1	187,3
3	0,4	0,35	214,1	187,3
4	0,4	0,35	214,1	187,3
5	0,45	0,4	240,8	214,1
6	0,5	0,5	267,6	267,6
7	0,6	0,6	321,1	321,1
8	0,65	0,7	347,8	374,6
9	0,75	0,8	401,3	428,1
10	0,9	0,9	481,6	481,6
11	1,0	1,0	535,1	535,1
12	0,8	0,8	428,1	428,1
13	0,6	0,55	321,1	294,3
14	0,7	0,55	374,6	294,3
15	0,75	0,65	401,3	347,8
16	0,75	0,7	401,3	374,6
17	0,7	0,7	374,6	374,6
18	0,65	0,65	347,8	347,8
19	0,65	0,65	347,8	347,8
20	0,6	0,65	321,1	347,8
21	0,55	0,55	294,3	294,3
22	0,5	0,5	267,6	267,6
23	0,45	0,4	240,8	214,1
24	0,4	0,35	214,1	187,3

По данным суточных графиков, для определения расчетной мощности молочно-товарного комплекса на 400 голов КРС необходимо построить годовой график нагрузок с учетом продолжительности летнего периода 152 дня, а зимнего периода 213 дней.

Годовой график полной мощности для молочно-товарного комплекса представлен на рисунке 10. Данные для построения годового графика нагрузки МТК представлены в таблице 15.

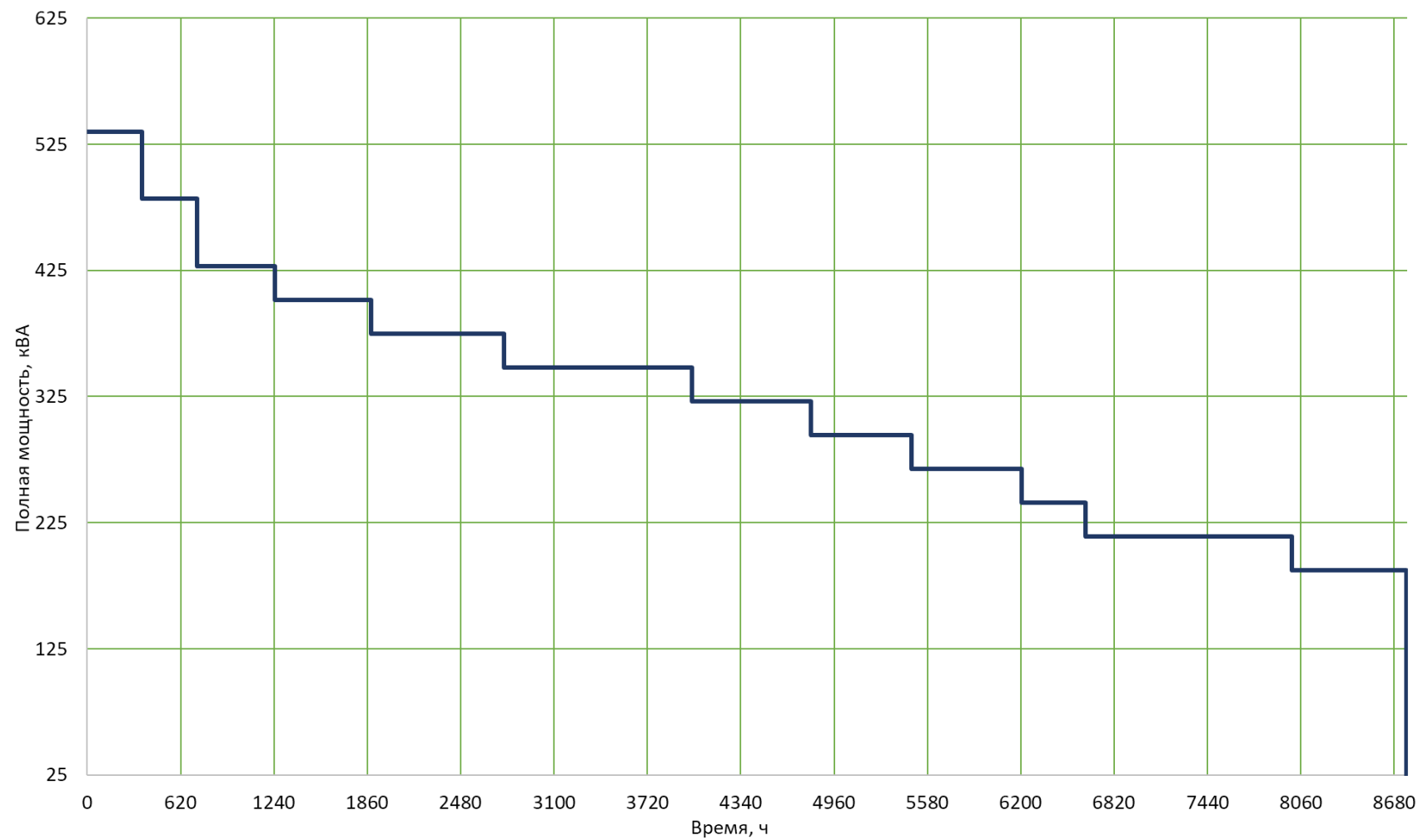


Рисунок 10 - Годовой график полной мощности молочно-товарного комплекса на 400 голов КРС

Таблица 15 - Данные годового графика нагрузок МТК

Полная мощность, кВА	Длительность ступени, ч	Значение ступени в часах	Активная мощность, кВт	Потребление электрической энергии на ступени, кВт·ч
535,1	213	213	470,888	100299,1
535,1	152	365	470,888	71574,98
481,6	213	578	423,808	90271,1
481,6	152	730	423,808	64418,82
428,1	213	943	376,728	80243,06
428,1	152	1095	376,728	57262,66
428,1	152	1247	376,728	57262,66
401,3	213	1460	353,144	75219,67
401,3	213	1673	353,144	75219,67
401,3	213	1886	353,144	75219,67
374,6	213	2099	329,648	70215,02
374,6	213	2312	329,648	70215,02
374,6	152	2464	329,648	50106,5
374,6	152	2616	329,648	50106,5
374,6	152	2768	329,648	50106,5
347,8	213	2981	306,064	65191,63
347,8	213	3194	306,064	65191,63
347,8	213	3407	306,064	65191,63
347,8	152	3559	306,064	46521,73
347,8	152	3711	306,064	46521,73
347,8	152	3863	306,064	46521,73
347,8	152	4015	306,064	46521,73
321,1	213	4228	282,568	60186,98
321,1	213	4441	282,568	60186,98
321,1	213	4654	282,568	60186,98
321,1	152	4806	282,568	42950,34
294,3	213	5019	258,984	55163,59
294,3	152	5171	258,984	39365,57
294,3	152	5323	258,984	39365,57
294,3	152	5475	258,984	39365,57
267,6	213	5688	235,488	50158,94
267,6	213	5901	235,488	50158,94
267,6	152	6053	235,488	35794,18
267,6	152	6205	235,488	35794,18
240,8	213	6418	211,904	45135,55
240,8	213	6631	211,904	45135,55
214,1	213	6844	188,408	40130,9
214,1	213	7057	188,408	40130,9
214,1	213	7270	188,408	40130,9
214,1	213	7483	188,408	40130,9
214,1	213	7696	188,408	40130,9
214,1	152	7848	188,408	28638,02
214,1	152	8000	188,408	28638,02
187,3	152	8152	164,824	25053,25

Продолжение таблицы 15

Полная мощность, кВА	Длительность ступени, ч	Значение ступени в часах	Активная мощность, кВт	Потребление электрической энергии на ступени, кВт·ч
187,3	152	8304	164,824	25053,25
187,3	152	8456	164,824	25053,25
187,3	152	8608	164,824	25053,25
187,3	152	8760	164,824	25053,25

Расчетной мощностью МТК является значение мощности, соответствующее первой ступени годового графика нагрузок. Для графика нагрузок, представленного на рисунке 10, по данным таблицы 15 расчетное значение полной мощности  $S_{расч.МТК} = 535,1$  (кВА), а активной мощности по

а Выводы по разделу 3.

н В третьем разделе выпускной квалификационной работы определены значения расчетных значений полной и активной мощности в целом по МТК. ы Получено, что расчетное значение полной мощности составляет  $S_{расч.МТК}=535,1$  (кВА), а активной  $P_{расч.МТК}=470,9$  (кВт).

Эти значения определены на основе суточных и годовых графиков нагрузки, построенных для региона расположения МТК с учетом типовых суточных графиков для предприятий, производящих сырое молоко. Полученные расчетные значения будут использованы для определения мощности источника питания системы электроснабжения молочнотоварного комплекса на 400 голов КРС.

ц

ы

$P_{расч.МТК}=470,9$  (кВт).

## 4 Выбор оборудования системы электроснабжения объекта

В данном разделе необходимо выполнить выбор всего основного оборудования системы электроснабжения молочно-товарного комплекса на 400 голов КРС. При этом будут использованы результаты выполнения разделов два и три ВКР.

### 4.1 Выбор трансформаторов и расположения подстанции

В первом разделе ВКР было определено, что молочно-товарный комплекс на 400 голов КРС, предназначенный для производства сырого молока, является потребителем первой категории надежности электроснабжения. Исходя из этого, согласно [20] на подстанции питающей систему электроснабжения МТК необходимо установить два трансформатора

Место расположения трансформаторной подстанции (ТП) примем исходя из следующих условий:

- наличие свободной площади на территории МТК достаточно для размещения ТП;
- близость к питающей линии энергосистемы 10 кВ.

Анализируя генеральный план молочно-товарного комплекса, представленный на рисунке 2 размещение ТП выполним в месте, указанном на рисунке 11.

Для определения требуемой мощности трансформаторов используется выражение [21]:

$$S_{\text{транс.г}} = \frac{S_{\text{расч.МТК}}}{K_{\text{доп}}} \quad \text{SEQ Формула \* ARABIC 10)$$

где  $S_{\text{расч.МТК}}$  – расчетное значение полной мощности молочно-товарного

к

о

м

$S_{расч.МТК}=535,1$  (кВА);

$K_{доп.А.П}$  – коэффициент длительно-допустимой аварийной перегрузки трансформатора, принимаем равным при для двухтрансформаторной

$n_{тр}$  – число трансформаторов, устанавливаемых на ТП, принимаем

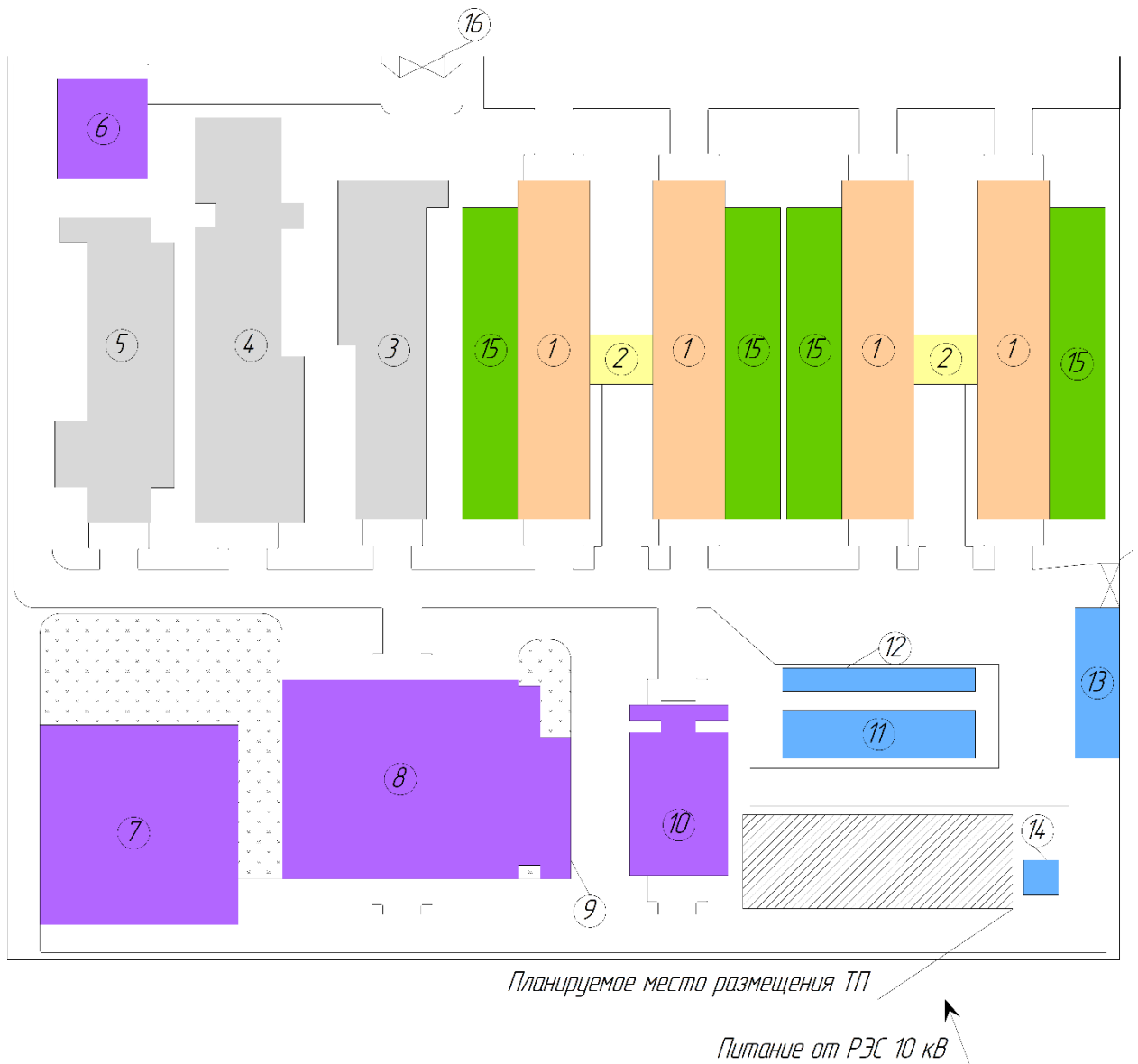


Рисунок 11 - Планируемое место размещения ТП

По выражению (10), для МТК получим:

$$\begin{aligned} S_{\text{тран}} &= \frac{1}{1,4} \quad \text{SEQ Формула \* ARABIC 11)} \\ &= 38 \end{aligned}$$

Для выбора трансформаторов используется расчетное значение, полученное в выражении (11) в условии:

$$S_{\text{тран}} \leq S_{\text{T}} \quad \text{SEQ Формула \* ARABIC 12)}$$

где  $S_{\text{тран.пасп.}}$  – паспортное значение мощности трансформаторов, определяемое по каталогам производителей трансформаторного оборудования, кВА.

Проанализируем каталоги производителей трансформаторного оборудования [1] и [18]. Анализ каталогов производителей показал, что условию (12) соответствуют два трансформатора:

- трансформатор марки ТМГ(Ф) 400/10/0,4 кВ производства ООО «Тольяттинский Трансформатор» г. Тольятти [18];
- трансформатор марки ТС(Л) 400/10/0,4 кВ производства АО «Группа СВЭЛ» г. Екатеринбург [1].

Оба трансформатора удовлетворяют условию (12):

$$S_{\text{тран.расч}} = 382,2 \text{ (кВА)} \leq S_{\text{тран.пасп.}} = 400 \text{ (кВА)}$$

Трансформатор марки ТМГ(Ф) является распределительным трансформатором с масляной изоляцией в герметичном корпусе, а



трансформатор марки ТС(Л) является сухим трансформатором с литой изоляцией.

Для выбора трансформатора необходимо по [1] и [18] определить паспортные данные и выполнить сравнение, паспортные данные сведем в таблицу 16 для трансформатора марки ТС(Л) и в таблицу 17 для трансформатора марки ТМГ(Ф).

Таблица 16 - Паспортные данные трансформатора ТС(Л) 400/10/0,4

Наименование параметра	Обозначение параметра	Единица измерения	Значение параметра
Марка трансформатора			ТС(Л)
Мощность трансформатора	$S_{\text{транс.пасп.}}$	кВА	
Номинальное напряжение обмотки ВН	$U_{\text{ном.ВН}}$	кВ	
Номинальное напряжение обмотки НН	$U_{\text{ном.НН}}$	кВ	
Потери холостого хода	$P_{\text{ХХ}}$	Вт	
Потери короткого замыкания при $t_{\text{обм}} = 75^{\circ}\text{C}$	$P_{\text{КЗ.75}}$	Вт	
Потери короткого замыкания при $t_{\text{обм}} = 115^{\circ}\text{C}$	$P_{\text{КЗ.115}}$	Вт	
Ток холостого хода	$i_{\text{ХХ.}\%}$		
Напряжение короткого замыкания	$u_{\text{КЗ.}\%}$		

Таблица 17 - Паспортные данные трансформатора ТМГ(Ф) 400/10/0,4

Наименование параметра	Обозначение параметра	Единица измерения	Значение параметра
Марка трансформатора			ТМГ
Мощность трансформатора	$S_{\text{транс.пасп.}}$	кВА	
Номинальное напряжение обмотки ВН	$U_{\text{ном.ВН}}$	кВ	
Номинальное напряжение обмотки НН	$U_{\text{ном.НН}}$	кВ	
Потери холостого хода	$P_{\text{ХХ}}$	Вт	
Потери короткого замыкания	$P_{\text{КЗ}}$	Вт	
Ток холостого хода	$i_{\text{ХХ.}\%}$		
Напряжение короткого замыкания	$u_{\text{КЗ.}\%}$		

Одной из основных задач при проектировании систем электроснабжения является обеспечение высокого уровня энергетической эффективности [5], поэтому выбор трансформаторов для ТП МТК будем выполнять с этим условием. Согласно [7], одним из критериев выбора трансформатора является критерий соответствия реального коэффициента загрузки трансформатора оптимальному коэффициенту загрузки.

Оптимальный коэффициент загрузки отражает минимум потерь активной мощности в трансформаторе и определяется на основании паспортных данных по выражению:

$K_{за}$

SEQ Формула \\* ARABIC 13)

=  
,

где  $P_{XX}$  – величина потерь активной мощности в опыте холостого хода в трансформаторе согласно паспортным данным, Вт;  
 $P_{КЗ}$  – величина потерь активной мощности в опыте короткого замыкания в трансформаторе согласно паспортным данным, Вт.

По (13) для трансформатора марки ТМГ(Ф) используя данные таблицы 17 получим:

$$K_{загр.опт} = \sqrt{\frac{P_{XX}}{P_{КЗ}}} = \sqrt{\frac{610}{5400}} = 0,336$$

По (13) для трансформатора марки ТС(Л) используя данные таблицы 16

П  
О  
Л  
У  
Ч  
И  
М  
П  
О  
Д  
Л  
Л  
У  
Я  
Ч  
И  
Т

$$K_{загр.опт} = \sqrt{\frac{P_{XX}}{P_{КЗ}}} = \sqrt{\frac{1000}{3900}} = 0,5$$

По (13) для трансформатора марки ТС(Л) используя данные таблицы 16

$$K_{\text{загр.опт}} = \sqrt{\frac{P_{\text{XX}}}{P_{\text{КЗ}}}} = \sqrt{\frac{1000}{4350}} = 0,479$$

Далее определим по данным таблицы 15 реальные коэффициенты загрузки трансформаторов. Реальный коэффициент загрузки трансформаторов, устанавливаемых на ТП, определяется выражением [8]:

$$K_{\text{загр.}i} = \frac{S_{\text{расч.}i}}{n_{\text{тр}} \cdot S_{\text{транс.пасп.}}} \quad \text{SEQ Формула \* ARABIC 14)}$$

где  $S_{\text{расч.}i}$  – расчетное значение полной мощности на  $i$ -й ступени годового графика нагрузки, кВА;

$n_{\text{тр}}$  – число трансформаторов, устанавливаемых на ТП, принимаем

$S_{\text{транс.пасп.}}$  – паспортное значение мощности трансформаторов, определяемое по каталогам производителей трансформаторного оборудования, кВА.

По выражению (14) определим величину реального коэффициента загрузки для первой (наибольшей) ступени годового графика нагрузки МТК (рисунок 10):

$$K_{\text{загр.реал.1}} = \frac{S_{\text{расч.1}}}{n_{\text{тр}} \cdot S_{\text{транс.пасп.}}} = \frac{535,1}{2 \cdot 400} = 0,67$$

Отклонение реального коэффициента загрузки от оптимального для каждого из трансформаторов определим по выражению:

$$\Delta K_{\text{за}} = \left( \frac{K_{\text{загр.реал.}i}}{K_{\text{загр.опт}}} - 1 \right) \cdot 100$$

SEQ Формула \\* ARABIC 15)

где  $K_{\text{загр.реал.}i}$  – реальный коэффициент загрузки трансформатора на  $i$ -й ступени годового графика нагрузки определяемый по выражению

$K_{\text{загр.опт}}$  – оптимальный коэффициент загрузки трансформатора, определяемый по выражению (13).

По выражению (15) для трансформатора марки ТС(Л) для первой ступени годового графика нагрузок получим:

$$\Delta K_{\text{загр.}\%1} = \left( \frac{K_{\text{загр.реал.}i}}{K_{\text{загр.опт}}} - 1 \right) \cdot 100 = \left( \frac{0,67}{0,5} - 1 \right) \cdot 100 = 34 (\%)$$

Полученное значение говорит о том, что реальный коэффициент загрузки трансформатора превышает оптимальный на 34%.

По выражению (15) для трансформатора марки ТМГ(Ф) для первой ступени годового графика нагрузок получим:

$$\Delta K_{\text{загр.}\%1} = \left( \frac{K_{\text{загр.реал.}i}}{K_{\text{загр.опт}}} - 1 \right) \cdot 100 = \left( \frac{0,67}{0,336} - 1 \right) \cdot 100 = 99,4 (\%)$$

Полученное значение говорит о том, что реальный коэффициент загрузки трансформатора превышает оптимальный на 99,4%.

При выборе трансформаторов необходимо оценивать величину нагрузочных потерь электрической энергии, определяемой по выражению:

$$\Delta W_{\text{на}} = \left( \frac{F}{n} \cdot \left( \frac{P_{\text{кз}}}{S_{\text{ТГ}}} + n_{\text{ТГ}} \cdot P_{\text{ХХ}} \right) \cdot t_i \right) \quad \text{SEQ Формула \* ARABIC 16)}$$

где  $P_{\text{кз}}$  – величина потерь активной мощности в опыте короткого замыкания в трансформаторе согласно паспортным данным, Вт;

$n_{\text{ТГ}}$  – число трансформаторов, устанавливаемых на ТП, принимаем

$S_{\text{расч.}i}$  – расчетное значение полной мощности на  $i$ -й ступени годового графика нагрузки, кВА;

$S_{\text{транс.пасп.}}$  – паспортное значение мощности трансформаторов, определяемое по каталогам производителей трансформаторного оборудования, кВА;

$P_{\text{ХХ}}$  – величина потерь активной мощности в опыте холостого хода в трансформаторе согласно паспортным данным, Вт;

$t_i$  – продолжительность ступени годового графика нагрузки, ч.

По выражению (16) для трансформатора марки ТМГ(Ф) для первой ступени годового графика получим:

$$\Delta W_{\text{нагр.1}} = \left( \frac{5400}{2} \cdot \left( \frac{535,1}{400} \right)^2 + 2 \cdot 610 \right) \cdot 213 = 1289 \text{ (кВт} \cdot \text{ч)}$$

По выражению (16) для трансформатора марки ТМГ(Ф) для первой

$$\Delta W_{\text{нагр.1}} = \left( \frac{3900}{2} \cdot \left( \frac{535,1}{400} \right)^2 + 2 \cdot 1000 \right) \cdot 213 = 1169,3 \text{ (кВт} \cdot \text{ч)}$$

Расчеты для всех остальных ступеней годового графика нагрузок МТК по выражениям (14), (15) и (16) сведем в таблицу 18.

Определим отклонение величины годовых потерь электрической энергии в трансформаторах марок ТМГ(Ф) и ТС(Л) согласно данным таблицы 18 по выражению:

$$\Delta W_{\text{нагр.}\%i} = \left( 1 - \frac{\Delta W_{\text{нагр.}i.\text{ТМГ(Ф)}}}{\Delta W_{\text{нагр.}i.\text{ТС(Л)}}} \right) \cdot 100 = \left( 1 - \frac{27010,83}{29309,29} \right) \cdot 100 = 7,84 \text{ (\%)}$$

Таким образом нагрузочные потери для при выборе трансформатора марки ТМГ(Ф) будут ниже на 7,84% чем при установке на ТП двух трансформаторов марки ТС(Л).

Исходя из этого принимаем к установке на трансформаторной подстанции молочно-товарного комплекса на 400 голов КРС два трансформатора марки ТМГ(Ф) 400/10/0,4 кВ.



Продолжение таблицы 18

Номер ступени	Полная мощность, кВА	Длительность ступени, ч	Реальный коэффициент загрузки	Отклонение реального коэффициента загрузки от оптимального		Нагрузочные потери электрической энергии	
				для ТМГ(Ф)	для ТС(Л)	для ТМГ(Ф)	для ТС(Л)
$i$	$S_{расч.i}$	$t_i$	$K_{загр.реал.i}$	$\Delta K_{загр.\%i}$	$\Delta K_{загр.\%i}$	$\Delta W_{нагр.i}$	$\Delta W_{нагр.i}$
Суммарное значение нагрузочных потерь, кВт·ч							



С учетом выбранных трансформаторов необходимо выполнить выбор схемы электроснабжения МТК, схемы ТП, а также выбрать оборудование системы электроснабжения.

#### 4.2 Выбор схемы и кабелей питания помещений МТК

Для выбора схемы электроснабжения помещений МТК необходимо использовать данные по мощности, потребляемой каждым помещением, а также учитывать особенности технологического процесса с учетом категории надежности электроснабжения. Согласно данным расчета установленной мощности каждого помещения МТК необходимо дополнительно уточнить категории надежности и расчетные нагрузки, так как эти значения могут существенно отличаться от установленной мощности. Для системы электроснабжения МТК будет выполнен выбор кабельных линий с прокладкой в земле [22].

Расчетная активная мощность определяется по выражению:

$$P_{\text{расч}} = K_c \cdot P_{\text{уст.}} \quad \text{SEQ Формула \* ARABIC 17)}$$

где  $K_c$  – коэффициент спроса, определяется по справочным данным;

$P_{\text{уст.}}$  – установленная мощность объекта, определенная согласно расчетам с учетом внутренних установок освещения, кВт.

По выражению (17) для коровника на 100 голов получим:

$$P_{\text{расч}} = K_c \cdot P_{\text{уст.}} = 0,85 \cdot 137 = 116,45 \text{ (кВт)}$$

Аналогично по (17) выполним расчет для всех помещений МТК, а также определим категории надежности. Результаты представлены в таблице 19 с учетом рекомендаций [12].

Таблица 19 - Определение категорий надежности и расчетной мощности помещений

Наименование помещения	Позиция на генеральном плане	Число помещений на МТК, шт.	Установленная активная мощность объекта, кВт	Расчетная мощность объекта, кВт	Категория надежности электроснабжения объекта
Коровник на 100 голов	1	4	137	116,45	Первая
Доильный блок	2	2	72,9	61,97	Первая
Родильное отделение	3	1	37,5	31,88	Первая
Телятник на 140 голов	4	1	23,3	19,81	Первая
Помещение для телок	5	1	22,7	19,3	Первая
Ветеринарный пункт и здание администрации	6	1	29,3	24,91	Вторая
Площадка хранения и подготовки грубых кормов	7	1	33,5	28,48	Третья
Хранилище кормов для поголовья КРС	8	1	29,5	25,08	Третья
Площадка хранения и подготовки кормовых корнеплодов	9	1	30,4	25,84	Третья
Кормоцех	10	1	26,7	22,7	Третья
Пункт технического обслуживания техники	11	1	73,1	62,14	Третья
Пункт весового контроля	12	1	6,6	5,61	Третья
Пункт санитарного контроля	13	1	8,2	6,97	Вторая
Водонапорная башня	14	1	60	51	Первая
Площадка выгула КРС	15	4	20	17	Третья
Дезинфекционный барьер	16	2	10,7	9,1	Вторая

Для выбора типа схемы электроснабжения необходимо учесть, что все помещения первой категории надежности электроснабжения должны получать питание по двум питающим линиям.

Расчетный ток линии определяется по выражению:

$$I_{\text{расч}} = \frac{P_{\text{расч.}i}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{сети}}} \quad \text{SEQ Формула \* ARABIC 18)}$$

где  $P_{\text{расч.}i}$  – расчетная активная мощность помещения МТК, кВт

$U_{\text{сети}}$  – напряжение питающей распределительной сети,

По выражению (18) выполним расчет для одного помещения коровника на 100 голов:

$$I_{\text{расч.}} = \frac{P_{\text{расч.}i}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{сети}}} = \frac{29,12}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 42,1 \text{ (A)}$$

Далее по каталогам производителей [10], а также с использованием справочных данных учитывающих способ прокладки питающих кабельных линий определяем сечение и марку кабеля для питания одного помещения коровника на 100 голов КРС.

Для питания коровника на 100 голов КРС выбираем кабель марки АВБШвнг(А)-LS 4×16 номинальным сечением жилы 16 мм<sup>2</sup>. Параметры кабеля представлены в таблице 20.

Таблица 20 – Характеристики кабеля марки АВБШвнг(А)-LS 4×16

Наименование параметра	Единица измерения параметра	Значение параметра
Материал токопроводящей жилы		алюминий

Тип изоляции		ПВХ пластикат пониженной пожароопасности
Броня кабеля		Стальные оцинкованные ленты

Продолжение таблицы 20

Наименование параметра	Единица измерения параметра	Значение параметра
Дополнительная защита кабеля		Защитный шланг из ПВХ пластиката пониженной пожароопасности
Число жил кабеля	шт.	
Форма жил кабеля		Секторная
Сечение токопроводящей жилы	мм <sup>2</sup>	
Номинальное напряжение	В	
Эксплуатационные температуры	°С	-50...+50
Срок службы кабеля	год	

Выбора питающих кабельных линий выполним аналогично для всех помещений, результаты выбора сведем в таблицу 21.

Таблица 21 - Результаты выбора кабелей питающих линий

Наименование помещения	Позиция на генеральном плане	Расчетная мощность помещения, кВт	Расчетный ток, А	Марка кабеля
Коровник на 100 голов	1			АВБШвнг(А)-LS
Доильный блок	2			АВБШвнг(А)-LS
Родильное отделение	3			АВБШвнг(А)-LS
Телятник на 140 голов	4			А Д
Помещение для телок	5			А Д
Ветеринарный пункт и здание администрации	6			АВБШвнг(А)-LS
Площадка хранения и подготовки грубых кормов	7			АВБШвнг(А)-LS
Хранилище кормов для поголовья КРС	8			АВБШвнг(А)-LS
Площадка хранения и подготовки	9			АВБШвнг(А)-LS

кормовых корнеплодов				
-------------------------	--	--	--	--

Продолжение таблицы 21

Наименование помещения	Позиция на генеральном плане	Расчетная мощность помещения, кВт	Расчетный ток, А	Марка кабеля
Кормоцех	10			АВВШвнг(А)-LS
Пункт технического обслуживания техники	11			АВВШвнг(А)-LS
Пункт весового контроля	12			А В
Пункт санитарного контроля	13			А В
Водонапорная башня	14			АВВШвнг(А)-LS
Дезинфекционный барьер	16			А В

Схему прокладки кабельных линий отразим на генеральном плане молочно-товарного комплекса в графической части.

### 4.3 Выбор оборудования системы уличного освещения

Для питания системы уличного освещения необходимо использовать кабельные линии с прокладкой в земле, так как выбранные опоры освещения марки ОГК (1) не предназначены для использования самонесущих изолированных проводов (СИП) для подвода питания. Каждый светильник уличного освещения оборудован блоком питания, поддерживающим регулирование светового потока – протокол DALI, поэтому для управления уровнем освещенности необходимо также использовать кабельную линию. Кроме того, каждый светильник необходимо оборудовать устройством защиты в виде автоматического выключателя, устанавливаемого в смотровом окне опоры ОГК (1) (рисунок 3). Выбираемый автоматический выключатель должен обеспечивать защиту светильника в нормальном режиме работы и в режиме

пуска. Пусковой ток и длительность импульса пускового тока определены согласно паспортных данных производителя ООО «Световые Технологии» (таблица 9). Учитывая то, что длительность импульса пускового тока светильника составляет 350 мкс, а величина импульса 50 А, необходимо выбрать автоматический выключатель с токовой характеристикой типа В. Для токовой характеристики автоматического выключателя (АВ) возможно превышение номинального тока АВ в 10 раз с длительностью до 1,5 сек ( $1,5 \cdot 10^6$  мкс). Данная токовая характеристика удовлетворяет по времени срабатывания теплового расцепителя. Поэтому для защиты уличного светильника будем использовать АВ марки ChiNT марки NXB-63S 2P 1A 4,5кА требуемый уровень защиты уличного светильника и не будет происходить отключения светильников при подаче питания.

### **Выбор источника гарантированного питания**

Объект ВКР в своем составе имеет потребителей первой категории надежности электроснабжения. Исходя из этого условиями надежности обеспечения питания потребителей достигается за счет использования в схеме двух независимых взаиморезервируемых источников. Обеспечение питания от одной подстанции (ПС) распределительных сетей (РЭС) при условии строительства МТК в сельской местности не может обеспечить требуемый уровень надежности электроснабжения потребителей. При выходе из строя или повреждении одного из трансформаторов и/или линии на ПС РЭС может не обеспечиваться требуемая мощность для потребителей первой и второй категорий надежности, а это приведет к потере продукции МТК – сырого молока, а также может повлечь за собой частичную или полную потерь дойного стада и/или ремонтного стада. Поэтому на основании вышеизложенного, а также руководствуясь требованиями указанными в [11] и для предприятий сельского хозяйства принято решение об установке

дополнительного, гарантированного источника питания в виде дизель генераторной установки (ДГУ). На рисунке 12 показаны варианты использования ДГУ в схеме электроснабжения МТК, а также показана выбранная компоновка ТП МТК.



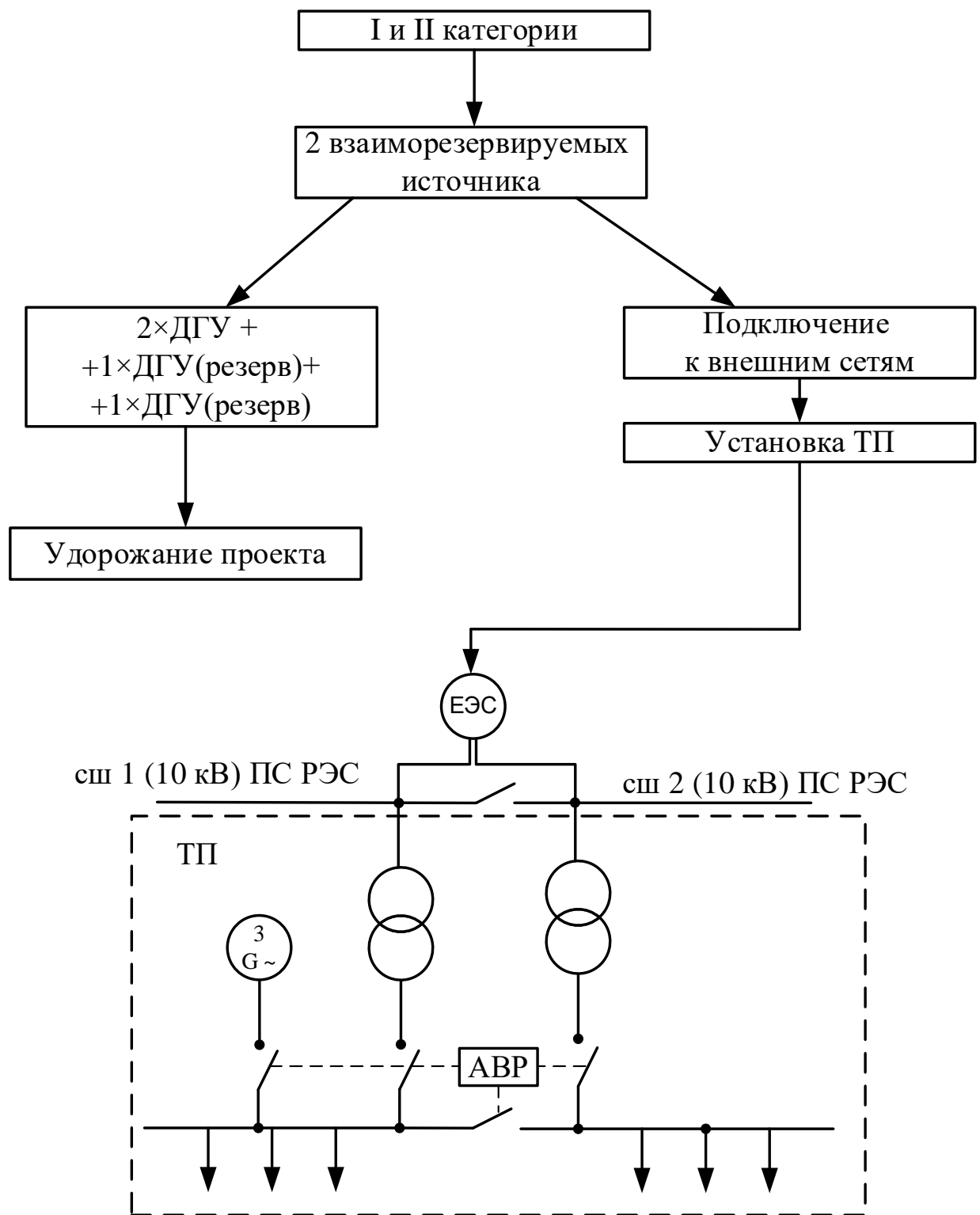


Рисунок 12 - Компоновка ТП МТК

Для определения требуемой мощности ДГУ необходимо определить перечень электроприемников, которые будут получать питание гарантированного источника. К этим электроприемникам будем относить всех потребителей первой и второй категорий надежности МТК. Все потребители

и итоговая мощность, от которой будет производиться выбор ДГУ представлены в таблице 22.

Таблица 22 - Определение мощности потребителей первой и второй категорий надежности электроснабжения

Наименование помещения	Расчетная мощность объекта, кВт	Категория надежности электроснабжения объекта
Коровник на 100 голов	116,45	Первая
Доильный блок	61,97	Первая
Родильное отделение	31,88	Первая
Телятник на 140 голов	19,81	Первая
Помещение для телок	19,3	Первая
Ветеринарный пункт и здание администрации	24,91	Вторая
Пункт санитарного контроля	6,97	Вторая
Водонапорная башня	51	Первая
Дезинфекционный барьер	9,1	Вторая
Итого мощность потребителей, кВт	341,39	-

Расчет мощности ДГУ выполняется по выражению:

$$P_{\text{ДГ}} = P_{\text{расч.}}^{I-II} + P_{\text{рез.}}$$

SEQ Формула \\* ARABIC 19)

где  $P_{\text{расч.}}^{I-II}$  – расчетная мощность потребителей первой и второй категории надежности расположенных на объекте, принимается  $P_{\text{расч.}}^{I-II} = 341,39$  (кВт) по данным таблицы 22;

$P_{\text{рез.}}$  – резервная мощность ДГУ, принимаем равной  $P_{\text{рез.}} = 17$

По выражению (19) для МТК получим:

$$P_{\text{ДГУ}} = P_{\text{расч.}}^{I-II} + P_{\text{рез.}} = 341,39 + 17 = 358,46 \text{ (кВт)}$$

Выполним поиск ДГУ по каталогам производителей согласно

п

о

л

$P_{ДГУ} = 376,39$  (кВт).

Для установки на объекте примем ДГУ марки Техэкспо ТЭ.360С-Т400-2РН Cummins [19] производства Россия, с номинальной мощностью 360 кВт.

Выводы по разделу 4.

В четвертом разделе ВКР выполнен расчет и выбор основного электротехнического оборудования для системы электроснабжения молочно-товарного комплекса на 100 голов КРС.

Для выбора оптимального варианта установки трансформаторов на ТП МТК было проведено сравнение двух вариантов установки трансформаторов. Сравнивались трансформаторы марок ТС(Л) и ТМГ(Ф). Оба трансформатора имеют номинальную мощность на уровне 400 кВА. Выбор между двумя трансформаторами производился на основании расчетов нагрузочных потерь в течении года согласно годовому графику нагрузки МТК. Также были определены оптимальные коэффициенты загрузки трансформаторов который обеспечивают режим минимальных потерь активной мощности. Итоговое решение принималось по разнице в нагрузочных потерях. Нагрузочные потери для при выборе трансформатора марки ТМГ(Ф) будут ниже на 7,84% чем при установке на ТП МТК двух трансформаторов марки ТС(Л). Исходя из этого к установке на трансформаторной подстанции молочно-товарного комплекса на 400 голов КРС приняты два трансформатора марки ТМГ(Ф) 400/10/0,4 кВ производства ООО «Тольяттинский трансформатор».

Для питания помещений МТК от ТП был произведен выбор схемы и типа кабелей учитывая категории надежности электроснабжения каждого помещения МТК. Для питания помещений от ТП выбраны кабели исходя из условий прокладки их в земле. Преимущественно в системе распределения электрической энергии МТК приняты алюминиевые кабели марки АВБШвнг(А)-LS различных номинальных сечений.

Рассмотрен вопрос выбора кабелей питания и аппаратов защиты для установок уличного освещения. Выбор аппаратов защиты выполнен исходя из условия необходимости предотвращения отключения автоматического

выключателя при включении уличного светильника. В результате проведенных расчетов выбран автоматический выключатель марки ChiNT типа NXB-63S 2P 1A 4,5кА В (R) с номинальным током 1 А, который будет обеспечивать требуемый уровень защиты уличного светильника и не будет приводить к отключению светильников при подаче питания.

Для обеспечения гарантированного питания потребителей первой и второй категорий надежности электроснабжения молочно-товарного комплекса на 100 голов КРС выполнен выбор дизель-генераторной установки. Размещение дизель-генераторной установки будет выполнено совместно трансформаторами, в одном помещении ТП согласно требованиям по размещению ДГУ. Компоновка ТП представлена в графической части выпускной квалификационной работы. Для установки на МТК принята ДГУ производства России с номинальной мощностью 360 кВт марки Техэкспо ТЭ.360С-Т400-2РН Cummins.

## Заключение

Выпускная квалификационная работа, направленна на разработку проекта электроснабжения молочно-товарного комплекса на 400 голов. Обоснование актуальности темы ВКР представлено во введении. Тема ВКР является актуальной, так как затрагивает стратегически важную для России отрасль АПК – производство сырого молока.

Решение первой задачи ВКР выполнено в первом разделе. Дана краткая характеристика объекта ВКР – молочно-товарного комплекса на 400 голов. Определен генеральный план объекта ВКР и определены помещения входящие в состав МТФ и их площадь. Общая площадь территории занимаемой МТФ составляет 39484,56 м<sup>2</sup>, а расчетная выработка сырого молока 3400000 кг/год.

Представлено краткое описание технологического процесса получения на объекте готовой продукции – сырого молока.

Согласно генеральному плану молочно-товарного комплекса определены площади каждого помещения, которые будут использованы при расчете системы внутреннего освещения.

Для определения расчетной нагрузки МТК и выбору соответствующего оборудования системы электроснабжения определены установленные мощности каждого помещения МТК. Также определено суммарное значение установленной мощности всего объекта без учета мощности систем наружного и внутреннего освещения. Суммарное значение установленной мощности М

Т Установлено, что объект ВКР относится к потребителям I (первой) Категории надежности электроснабжения. Также определено, что МТК должен ~~Иметь МТК в 5521 (кВт)~~ источник питания.

В рамках выполнения второго раздела выпускной квалификационной работы выполнен расчет систем уличного и внутреннего освещения молочно-товарного комплекса на 400 голов КРС.

Расчет систем внутреннего и наружного освещений выполнен с использованием специализированного программного продукта распространяемого бесплатно DIALux evo. Главным преимуществом использования данного продукта является простота получения лицензии для выполнения расчетов систем освещения.

Для системы уличного освещения территории МТК выбраны светильники производства ООО «Световые Технологии» марки FREGAT LED . Общее число светильников уличного освещения 100 шт. Светильники устанавливаются на опоры марки ОГК-10(1) с использованием кронштейна К1-2,0-1,0-1-1. Светильники марки FREGAT LED 35W имеют функцию управления освещением по протоколу DALI, что позволит в процессе эксплуатации снизить затраты на электрическую энергию потребляемую системой уличного освещения.

Расчет системы внутреннего освещения подробно выполнен в программе DIALux evo для помещения коровника на 100 голов КРС. По результатам данного расчета приняты к установке светодиодные светильники марки SLICK.PRS AGRO LED 45 мощностью 40 Вт. Данные светильники предназначены для использования на предприятиях агропромышленного комплекса. Уровень освещенности помещения коровника на 100 голов определялся на основании научных работ связывающих уровень нормируемой освещенности с уровнями надоев. Исходя из этого среднее значение освещенности, создаваемое спроектированной системы, составляет 200 лк.

Для расчета системы внутреннего освещения других помещений МТК использована методика позволяющая скорректировать удельную мощность системы освещения с учетом перехода от утилитарных установок освещения к светодиодным.

Для помещений, не относящихся к содержанию поголовья КРС принято использование светодиодного светильника марки ALS.PRS UNI LED 1200 производства ООО «Световые Технологии».

В третьем разделе выпускной квалификационной работы определены значения расчетных значений полной и активной мощности в целом по МТК.

Получено, что расчетное значение полной мощности составляет  $S_{расч.МТК}=535,1$  (кВА), а активной  $P_{расч.МТК}=470,9$  (кВт).

Эти значения определены на основе суточных и годовых графиков нагрузки, построенных для региона расположения МТК с учетом типовых суточных графиков для предприятий, производящих сырое молоко. Полученные расчетные значения будут использованы для определения мощности источника питания системы электроснабжения молочно-товарного комплекса на 400 голов КРС.

В четвертом разделе ВКР выполнен расчет и выбор основного электротехнического оборудования для системы электроснабжения молочно-товарного комплекса на 100 голов КРС.

Для выбора оптимального варианта установки трансформаторов на ТП МТК было проведено сравнение двух вариантов установки трансформаторов. Сравнивались трансформаторы марок ТС(Л) и ТМГ(Ф). Оба трансформатора имеют номинальную мощность на уровне 400 кВА. Выбор между двумя трансформаторами производился на основании расчетов нагрузочных потерь в течении года согласно годовому графику нагрузки МТК. Также были определены оптимальные коэффициенты загрузки трансформаторов который обеспечивают режим минимальных потерь активной мощности. Итоговое решение принималось по разнице в нагрузочных потерях. Нагрузочные потери для при выборе трансформатора марки ТМГ(Ф) будут ниже на 7,84% чем при установке на ТП МТК двух трансформаторов марки ТС(Л). Исходя из этого к установке на трансформаторной подстанции молочно-товарного комплекса на 400 голов КРС приняты два трансформатора марки ТМГ(Ф) 400/10/0,4 кВ производства ООО «Тольяттинский трансформатор».

Для питания помещений МТК от ТП был произведен выбор схемы и типа кабелей учитывая категории надежности электроснабжения каждого помещения МТК. Для питания помещений от ТП выбраны кабели исходя из

условий прокладки их в земле. Преимущественно в системе распределения электрической энергии МТК приняты алюминиевые кабели марки АВБШвнг(А)-LS различных номинальных сечений.

Рассмотрен вопрос выбора кабелей питания и аппаратов защиты для установок уличного освещения. Выбор аппаратов защиты выполнен исходя из условия необходимости предотвращения отключения автоматического выключателя при включении уличного светильника. В результате проведенных расчетов выбран автоматический выключатель марки ChiNT типа NXB-63S 2P 1A 4,5кА В (R) с номинальным током 1 А, который будет обеспечивать требуемый уровень защиты уличного светильника и не будет приводить к отключению светильников при подаче питания.

Для обеспечения гарантированного питания потребителей первой и второй категорий надежности электроснабжения молочно-товарного комплекса на 100 голов КРС выполнен выбор дизель-генераторной установки. Размещение дизель-генераторной установки будет выполнено совместно трансформаторами, в одном помещении ТП согласно требованиям по размещению ДГУ. Компоновка ТП представлена в графической части выпускной квалификационной работы. Для установки на МТК принята ДГУ производства России с номинальной мощностью 360 кВт марки Техэкспо ТЭ.360С-Т400-2РН Cummins.

В результате выполнения выпускной квалификационной работы разработан базовый проект системы электроснабжения молочно-товарного комплекса на 400 голов КРС. Проект выполнен согласно действующим нормам и правилам проектирования сельскохозяйственных предприятий, а также с учетом научных достижений в части повышения производительности дойного стада. Особое внимание в ВКР уделено выбору оборудования, все оборудование используемое в проекте произведено на Российских предприятиях.



## Список используемой литературы

1. АО «Группа СВЭЛ». Технический каталог. Сухие трансформаторы // Официальный сайт производителя трансформаторного оборудования АО «Группа СВЭЛ». 2022. URL: [ru/upload/st/katalog\\_sukhie\\_transformatory\\_svel\\_ru\\_2022\\_06.pdf](http://ru/upload/st/katalog_sukhie_transformatory_svel_ru_2022_06.pdf) (дата обращения: 05.10.2023).
2. Белугин А.Ю. Оценка продовольственной независимости России в условиях внешнеторговых ограничений // Теория и практика общественного развития. 2022. № 12. С. 121-126.
3. Белых Г.Б., Шеметов А.Н. Электроснабжение отраслей. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорского гос.тех.ун-та им. Г.И. Носова, 2013. Учебное пособие.
4. Буяров В.С. Влияние освещенности животноводческого помещения на молочную продуктивность коров // Аграрный вестник Верхневолжья. 2020. №3.
5. Вахнина В.В., Черненко А.Н. Проектирование систем электроснабжения. Тольятти: Тольяттинский государственный университет, 2016. 78 с.
6. Вахнина В.В. Проектирование систем электроснабжения промышленных предприятий. Методические указания к курсовому проектированию. Тольятти: ТГУ, 2006. 78 с.
7. Галимова А.А. Критерии выбора коэффициента загрузки силового трансформатора при проектировании подстанций распределительных сетей // Проблемы энергетики, Т. 5, № 6, 2013. С. 66-71.
8. ГОСТ 14209-97 (МЭК 354-91). Руководство по нагрузке силовых масляных.
9. Государственная программа развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия. Москва. 2012.

10. Завод «Севкабель». Каталог продукции // Веб-сайт компании Завод «Севкабель». 2023. URL: <https://sevkab.ru/catalog/> (дата обращения:

11. Лещинская Т.Б., Наумов И.В. Электроснабжение сельского хозяйства. М.: КолосС, 2008. С.655

12. Методические рекомендации для определения категорийности потребителей по надежности электроснабжения // Электроэнергетический Совет Содружества Независимых Государств. Исполнительный Комитет. 2019. [%BF%D0%BE%D1%82%D1%80.pdf](#) (дата обращения: 05.10.2023).

13. Национальный стандарт Российской Федерации ГОСТ Р 54350 - 2015. М.: Стандартинформ, 2015.

14. Нефёдова Т.Г. Развитие АПК и продовольственная безопасность России (в условиях миграции населения из сельской местности) // ЭКО, № 9, 2015. С.123-143.

15. Обзор серии светодиодных светильников ООО "Световые Технологии" [Электронный ресурс] // Официальный сайт производителя светодиодных светильников ООО "Световые Технологии": [сайт]. [2023]. URL:

16. ООО "Световые технологии". Паспорт светильников серии Fregat LED // Официальный сайт производителя светодиодных светильников ООО "Световые Технологии". 2023. URL: (дата обращения: 01.10.2023).

17. ООО "Световые технологии". Светильники стационарные SLICK.PRS AGRO LED. Паспорт // Официальный сайт производителя светодиодных светильников ООО "Световые технологии". 2023. URL:

/cdn.ltcompany.com/passport\_of\_product\_new/M\_SLICK\_PRS%20AGRO%20LED.pdf (дата обращения: 02.10.2023).

18. ООО "Тольяттинский Трансформатор". Трансформаторы силовые серии ТМГ // Официальный сайт производителя трансформаторного оборудования ООО "Тольяттинский Трансформатор". 2014. URL: [https://www.transformator.com.ru/upload/iblock/6e1/2014\\_Transformatory-silovye-serii-TMG.pdf](https://www.transformator.com.ru/upload/iblock/6e1/2014_Transformatory-silovye-serii-TMG.pdf) (дата обращения: 05.10.2023).

19. ООО «Техэкспо». Дизельная электростанция Техэкспо ТЭ.360С-Т400-2РН Cummins // Официальный сайт производителя дизельных электрических станций и энергетических комплексов мощностью до 80 МВт. 2023. URL: <https://tech-expo.ru/powerstations/techexpo-te-360s-t400-2rn-cummins/> (дата обращения: 10.10.2023).

20. Правила устройства электроустановок. 7-е изд. Москва: Издательство Проспект, 2020. 832 с.

21. Степкина Ю.В., Салтыков В.М. Проектирование электрической части понизительной подстанции. Тольятти: ТГУ, 2007. 124 с.

22. Шеховцов В.П. Расчет и проектирование схем электроснабжения. Методическое пособие для курсового проектирования : учеб. пособие. 3-е-е изд. М.: Форум, 2019. 214 с.