

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)

Энергосбережение и энергоаудит
(направленность (профиль) / специализация)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Повышение энергоэффективности завода по производству стройматериалов

Обучающийся

А.А. Бушмина
(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., О.В. Самолина

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

Консультант

к.филол.н., доцент, доцент О.В Мурдускина

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

Тольятти 2022

Аннотация

Темой ВКР является «Повышение энергоэффективности завода по производству стройматериалов».

Исходными данными являются электроприемники завода по производству стройматериалов, их номинальная мощность, коэффициенты использования и коэффициенты мощности, план завода.

Для повышения энергетической эффективности завода по производству стройматериалов проведен расчет электрических нагрузок на примере цеха газобетонных блоков для оценки параметров схемы электроснабжения, повышения коэффициента мощности, перерасчет системы освещения. Проведена проверка энергетической эффективности работы системы электроснабжения завода по производству строительных материалов. Далее был проведен расчет и выбор компенсирующих устройств, для снижения реактивной мощности в сети.

Затем был проведен технико-экономический расчет внедрения средств автоматизации для снижения потерь трансформатора.

Что касается внедрения мероприятий по повышению энергетической эффективности использования тепловой энергии, то далее проводился расчет тепловой изоляции трубопроводов.

Abstract

The title of the thesis is "Improving the energy efficiency of a plant for the production of building materials."

The initial data are the power receivers of the plant for the production of building materials, their rated power, utilization factors and power factors, the plan of the plant.

To improve the energy efficiency of a plant for the production of building materials, the calculation of electrical loads was carried out using the example of an aerated concrete block shop to assess the parameters of the power supply scheme, increase the power factor, and recalculate the lighting system. The energy efficiency of the power supply system of the plant for the production of building materials was checked. Next, the calculation and selection of compensating devices was carried out to reduce the reactive power in the network.

Then a feasibility study was carried out for the introduction of automation tools to reduce transformer losses.

With regard to the implementation of measures to improve the energy efficiency of the use of thermal energy, then the calculation of the thermal insulation of pipelines was carried out.

Содержание

| | |
|---|----|
| Введение..... | 5 |
| 1 Расчет и анализ электрических нагрузок..... | 7 |
| 2 Анализ мероприятий для повышения энергетической эффективности | 16 |
| 3 Расчет эффективности замены электрического освещения..... | 17 |
| 4 Расчет компенсирующих устройств..... | 23 |
| 5 Анализ распределительной сети..... | 25 |
| 6 Анализ схемы электроснабжения завода..... | 28 |
| 7 Теплоизоляция трубопроводов | 35 |
| Заключение | 39 |
| Список используемых источников..... | 41 |

Введение

Строительные материалы в современное время крайне востребованы по причине того, что скорость строительства новых объектов с каждым годом неуклонно растет, что в свою очередь требует применения значительного количества строительного материала, следовательно, расширения производственных мощностей. Применение наиболее актуальных и передовых решений при производстве материалов очень важно, поскольку от эффективности их производства в значительной степени зависит стоимость новых объектов строительства, влияет на конкурентоспособность, снижает нагрузку использования энергетических ресурсов промышленными предприятиями.

«По оценкам аналитиков, объем электричества, который в России расходуется напрасно, равен годовому энергопотреблению Франции. Вместе с тем на фоне активного развития российской промышленности прослеживается тенденция появления дефицита топливно-энергетических ресурсов» [15].

В связи с этим поставлена следующая цель ВКР: повышение энергоэффективности завода по производству стройматериалов.

«Требования энергетической эффективности зданий, строений, сооружений должны включать в себя:

- 1) показатели, характеризующие удельную величину расхода энергетических ресурсов в здании, строении, сооружении;
- 2) требования к влияющим на энергетическую эффективность зданий, строений, сооружений архитектурным, функционально-технологическим, конструктивным и инженерно-техническим решениям;
- 3) требования к отдельным элементам, конструкциям зданий, строений, сооружений и к их свойствам, к используемым в зданиях, строениях, сооружениях устройствам и технологиям, а также требования к включаемым в проектную документацию и применяемым при строительстве,

реконструкции, капитальном ремонте зданий, строений, сооружений технологиям и материалам, позволяющие исключить нерациональный расход энергетических ресурсов как в процессе строительства, реконструкции, капитального ремонта зданий, строений, сооружений, так и в процессе их эксплуатации» [14].

Объект исследования занимается производством строительных блоков, стеновых панелей, плит, расходных строительных смесей, материалов для проведения теплоизоляционных работ. Основным изделием данного предприятия является ячеистый автоклавный газобетон. Поэтому в качестве примера для расчета принят цех №31 по производству газобетонных блоков.

Для достижения поставленной цели требуется решить ряд задач, а именно:

- 1) Проанализировать существующую ситуацию завода по производству строительных материалов;
- 2) На основе анализа определить мероприятия по повышению энергоэффективности;
- 3) Провести экономические расчеты.

1 Расчет и анализ электрических нагрузок

Расчет нагрузки проведем на примере цеха №31 по производству газобетонных блоков методом упорядоченных диаграмм [2]. Параметры электроприемников (ЭП) данного цеха приведены в таблице 1.

Алгоритм расчета нагрузок, следующий:

– Нагрузка группы ЭП за наиболее загруженную смену:

$$P_{\text{см}} = K_{\text{и}} \cdot P_{\text{уст}} \quad (1)$$

$$Q_{\text{см}} = P_{\text{см}} \cdot \text{tg}\varphi \quad (2)$$

$$S_{\text{см}} = \sqrt{P_{\text{см}}^2 + Q_{\text{см}}^2} \quad (3)$$

где « $P_{\text{уст}}$ – суммарная установленная активная мощность всех приёмников цеха, принимаемая по исходным данным, кВт;

$K_{\text{и}}$ – коэффициент использования;

$\text{tg}\varphi$ – характерное для приёмников данного цеха средневзвешенного значения коэффициента реактивной мощности» [2].

Эффективное число электроприемников (округляется в меньшую сторону):

$$n_{\text{э}} = \frac{(\sum_{i=1}^m n_i P_{\text{нi}})^2}{\sum n_i P_{\text{нi}}^2} \quad (4)$$

Групповой коэффициент использования:

$$K_{\text{и}} = \frac{\sum_1^m P_{\text{см}}}{\sum_1^m P_{\text{уст}}} \quad (5)$$

Значение коэффициента расчетного принимаем по таблице 3 [3], поскольку предполагается использование магистральных шинопроводов. При получении эффективного числа электроприемников менее 10, значение K_p принимаем равным 1,1, иначе – принимаем равным 1.

– Расчетные нагрузки:

$$P_p = K_p \cdot P_{см} \quad (6)$$

$$Q_p = K'_p \cdot P_{см} \quad (7)$$

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

– Максимальный расчетный ток

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

Расчеты, проведенные по данному алгоритму приведены в таблицах 2 и 3.

При проведении расчетов, также была проведена разбивка по силовым пунктам групп ЭП.

К рассчитываемому цеху примыкает электрогенераторная, РУ и ТП (рисунок 1).

Таблица 1 – Перечень ЭП цеха №31

| № ЭП | Наименование группы ЭП | n | Pн, кВт | | | | | Ки | cosφ |
|---------|---|----|------------|-----|-----|-----|-----|------|------|
| | | | | | | | | | |
| 1...5 | Оборудование дозирования и смешивания | 5 | 71 | 60 | 30 | 21 | 21 | 0,8 | 0,8 |
| 6 | Тележка транспортировочная | 1 | 30 | – | – | – | – | 0,5 | 0,75 |
| 7...11 | Формовочное оборудование | 5 | 17 | 11 | 9 | 9 | 9 | 0,5 | 0,75 |
| 12,13 | Кантовочное оборудование | 2 | 29 | 13 | – | – | – | 0,7 | 0,75 |
| 14...16 | Резочное оборудование | 3 | 49 | 40 | 31 | – | – | 0,7 | 0,75 |
| 17 | Податчик | 1 | 11 | – | – | – | – | 0,6 | 0,75 |
| 18...21 | Оборудование системы вентиляции и дымоудаления | 4 | 1,6 | 1,4 | 1,4 | 1,2 | – | 0,8 | 0,85 |
| 22,23 | Резочное оборудование | 2 | 26 | 11 | – | – | – | 0,7 | 0,75 |
| 24,25 | Грузоподъемное оборудование | 2 | 41 | 18 | – | – | – | 0,5 | 0,75 |
| 26...28 | Податчик | 3 | 61 | 48 | 31 | – | – | 0,6 | 0,75 |
| 29,30 | Оборудование шлифовки изделий | 2 | 31 | 13 | – | – | – | 0,8 | 0,85 |
| 31,32 | Оборудование системы вентиляции | 4 | 19 | 5 | – | – | – | 0,8 | 0,85 |
| 33 | Система автоматизированного управления автоклавом | 1 | 3 | – | – | – | – | 0,95 | 0,95 |
| 34...36 | Податчик | 3 | 36 | 16 | 9 | – | – | 0,6 | 0,75 |
| 37,38 | Оборудование сортировки и укладки | 2 | 46 | 13 | – | – | – | 0,8 | 0,85 |
| 39...41 | Оборудования для работы с пакетами | 3 | 31 | 13 | 9 | – | – | 0,8 | 0,85 |
| 42,43 | Вытяжное оборудование | 2 | 20 | 5 | – | – | – | 0,8 | 0,85 |
| 44 | Оборудование системы вентиляции | 1 | 4,6 | – | – | – | – | 0,8 | 0,85 |
| 45...49 | Инструментальные | 5 | 4,2 | 3,0 | 1,8 | 1,5 | 0,6 | 0,5 | 0,9 |
| 50,51 | Котельная | 2 | 64 | 16 | – | – | – | 0,95 | 0,95 |
| 52,53 | Оборудование охладительное | 2 | 46 | 6 | – | – | – | 0,5 | 0,75 |
| 54,55 | Насосная станция | 2 | 7 | 7 | – | – | – | 0,5 | 0,75 |
| Итого | | 52 | 1...72 кВт | | | | | – | – |

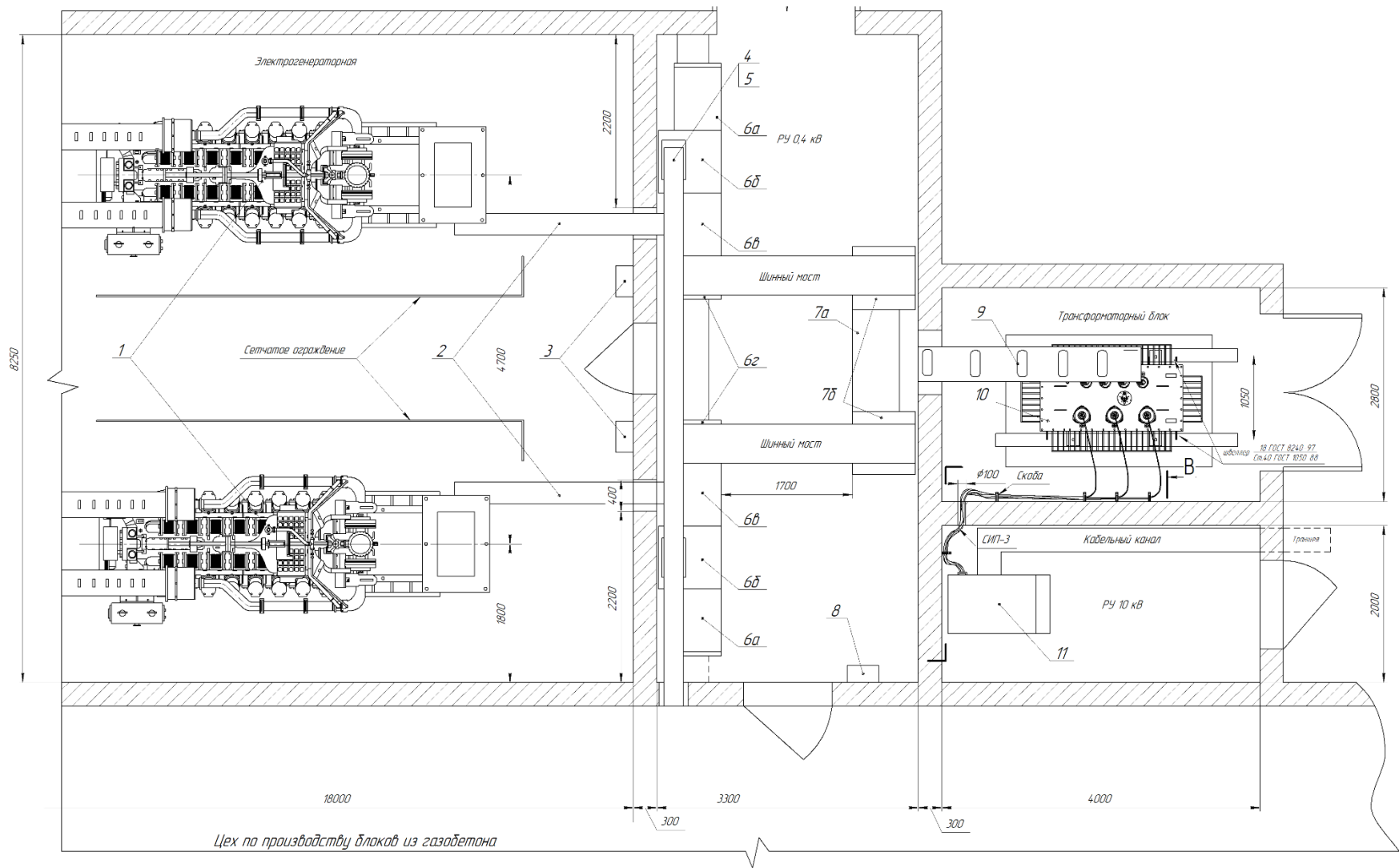
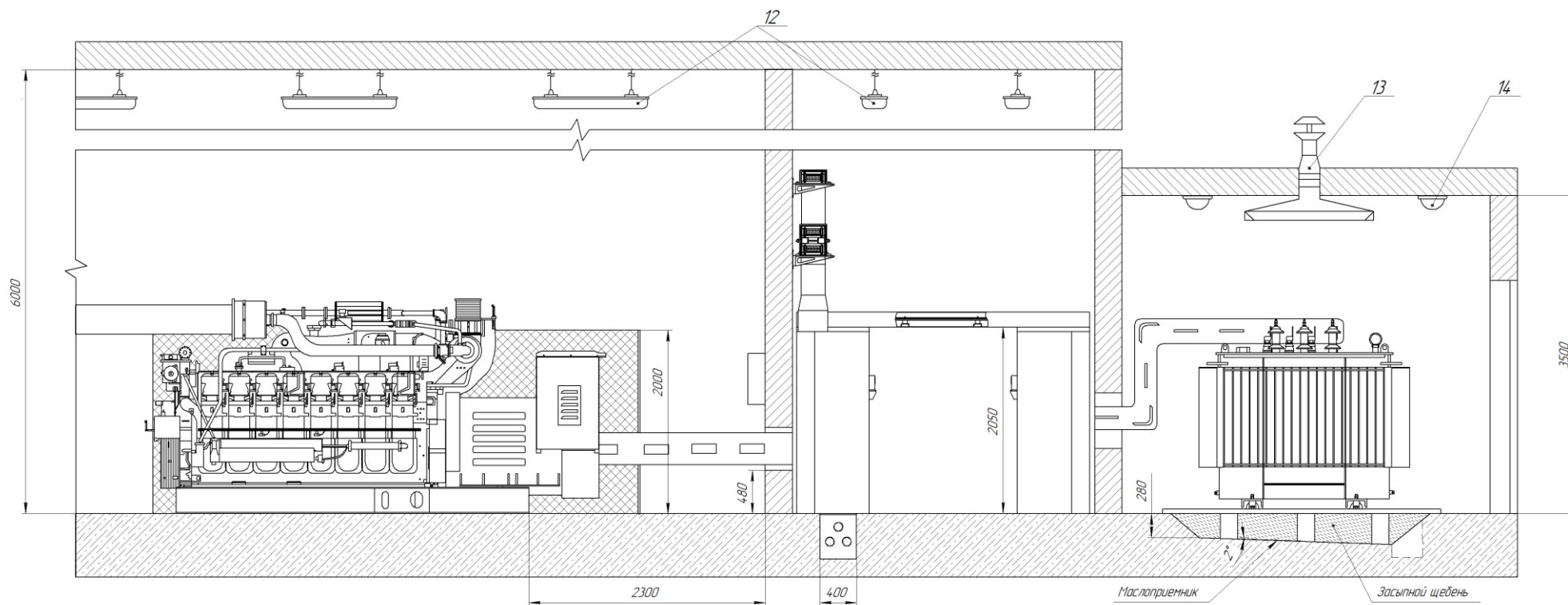


Рисунок 1 – План размещения оборудования электрогенераторной, ТП и РУ



1 – когенерационная генераторная установка, 2, 4, 5, 9 – шинопроводы, 3, 7, 8 – щиты собственных нужд, 10 – трансформатор, 11 – комплектное распределительное устройство, 12, 14 – светильники, 13 – диффлектор

Рисунок 2 – Электрогенераторная, ТП и РУ (главный вид)

Таблица 2 – Расчет электрических нагрузок цеха №31

| № ЭП | Наименование группы ЭП | Pmin | Pmax | n | Pуст | Ки | cosφ | tgφ | Pсм | Qсм | Sсм |
|--------------------|---|------|------|----|-------|------|------|------|--------|--------|--------|
| | | кВт | | | кВт | | | | кВт | квар | кВА |
| Силовой пункт СП 1 | | 1,2 | 71 | 21 | 466,6 | 0,71 | 0,78 | 0,79 | 329,38 | 260,95 | 420,22 |
| 1...5 | Оборудование дозирования и смешивания | 21 | 71 | 5 | 203 | 0,8 | 0,8 | 0,75 | 162,4 | 121,8 | 203 |
| 6 | Тележка транспортировочная | 30 | 30 | 1 | 30 | 0,5 | 0,75 | 0,88 | 15 | 11,25 | 20 |
| 7...11 | Формовочное оборудование | 9 | 17 | 5 | 55 | 0,5 | 0,75 | 0,88 | 27,5 | 24,2 | 36,67 |
| 12,13 | Кантовочное оборудование | 13 | 29 | 2 | 42 | 0,7 | 0,75 | 0,88 | 29,4 | 22,05 | 39,2 |
| 14...16 | Резочное оборудование | 31 | 49 | 3 | 120 | 0,7 | 0,75 | 0,88 | 84 | 73,92 | 112 |
| 17 | Податчик | 11 | 11 | 1 | 11 | 0,6 | 0,75 | 0,88 | 6,6 | 4,95 | 8,8 |
| 18...21 | Оборудование системы вентиляции и дымоудаления | 1,2 | 1,6 | 4 | 5,6 | 0,8 | 0,85 | 0,62 | 4,48 | 2,78 | 5,27 |
| Силовой пункт СП 2 | | 3 | 61 | 14 | 307 | 0,64 | 0,78 | 0,8 | 196,65 | 157,33 | 251,84 |
| 22,23 | Резочное оборудование | 11 | 26 | 2 | 37 | 0,7 | 0,75 | 0,88 | 25,9 | 22,79 | 34,53 |
| 24,25 | Грузоподъемное оборудование | 18 | 41 | 2 | 59 | 0,5 | 0,75 | 0,88 | 29,5 | 25,96 | 39,33 |
| 26...28 | Податчик | 31 | 61 | 3 | 140 | 0,6 | 0,75 | 0,88 | 84 | 73,92 | 112 |
| 29,3 | Оборудование шлифовки изделий | 13 | 31 | 2 | 44 | 0,8 | 0,85 | 0,62 | 35,2 | 21,82 | 41,41 |
| 31,32 | Оборудование системы вентиляции | 5 | 19 | 4 | 24 | 0,8 | 0,85 | 0,62 | 19,2 | 11,9 | 22,59 |
| 33 | Система автоматизированного управления автоклавом | 3 | 3 | 1 | 3 | 0,95 | 0,95 | 0,33 | 2,85 | 0,94 | 3 |

Продолжение таблицы 2

| № ЭП | Наименование группы ЭП | Pmin | Pmax | n | Pуст | Ки | cosφ | tgφ | Pсм | Qсм | Scм |
|--------------------|------------------------------------|------|------|----|-------|------|------|------|--------|--------|--------|
| | | кВт | | | кВт | | | | кВт | квар | кВА |
| Силовой пункт СП 3 | | 1 | 46 | 16 | 214,4 | 0,73 | 0,83 | 0,68 | 155,78 | 105,27 | 188,01 |
| 34...36 | Податчик | 9 | 36 | 3 | 61 | 0,6 | 0,75 | 0,88 | 36,6 | 32,21 | 48,8 |
| 37,38 | Оборудование сортировки и укладки | 13 | 46 | 2 | 59 | 0,8 | 0,85 | 0,62 | 47,2 | 29,26 | 55,53 |
| 39...41 | Оборудования для работы с пакетами | 9 | 31 | 3 | 53 | 0,8 | 0,85 | 0,62 | 42,4 | 26,29 | 49,88 |
| 42,43 | Вытяжное оборудование | 5 | 20 | 2 | 25 | 0,8 | 0,85 | 0,62 | 20 | 12,4 | 23,53 |
| 44 | Оборудование системы вентиляции | 4,6 | 4,6 | 1 | 4,6 | 0,8 | 0,85 | 0,62 | 3,68 | 2,28 | 4,33 |
| 45...49 | Инструментальные | 1 | 4,2 | 5 | 11,8 | 0,5 | 0,9 | 0,48 | 5,9 | 2,83 | 6,56 |
| Силовой пункт СП 4 | | 6 | 64 | 6 | 146 | 0,75 | 0,9 | 0,5 | 109 | 54,12 | 121,7 |
| 50,51 | Котельная | 16 | 64 | 2 | 80 | 0,95 | 0,95 | 0,33 | 76 | 25,08 | 80 |
| 52,53 | Оборудование охладительное | 6 | 46 | 2 | 52 | 0,5 | 0,75 | 0,88 | 26 | 22,88 | 34,67 |
| 54,55 | Насосная станция | 7 | 7 | 2 | 14 | 0,5 | 0,75 | 0,88 | 7 | 6,16 | 9,33 |
| Итого | | 1 | 71 | 52 | 1134 | 0,7 | 0,81 | 0,73 | 790,81 | 577,67 | 979,33 |

Таблица 3 – Расчет электрических нагрузок по силовым пунктам цеха №31

| Наименование группы ЭП | пэ | Кр | Кр' | Рр | Qр | Sp | Ip |
|---------------------------|----|------|-----|--------|--------|--------|---------|
| | | | | кВт | квар | кВА | А |
| Силовой пункт СП 1 | 12 | 0,9 | 1 | 296,44 | 260,95 | 394,93 | 570,03 |
| Силовой пункт СП 2 | 8 | 0,92 | 1,1 | 180,92 | 173,06 | 250,36 | 361,36 |
| Силовой пункт СП 3 | 11 | 0,9 | 1 | 140,2 | 105,27 | 175,32 | 253,05 |
| Силовой пункт СП 4 | 4 | 0,97 | 1,1 | 105,73 | 59,53 | 121,34 | 175,14 |
| Итого без учета освещения | - | - | - | 723,29 | 598,81 | 939 | 1355,33 |

Таблица 4 – Расчет цеховых электрических нагрузок

| № цеха | Наименование цеха | Руст | Ки | cosφ | tgφ | Рр | Qр | Sp | Ip |
|------------------------------------|--|------|------|------|------|--------|--------|--------|---------|
| | | кВт | | | | кВт | квар | кВА | А |
| 31 | Производство газобетонных блоков | 1134 | 0,7 | 0,81 | 0,73 | 723,29 | 598,81 | 939 | 1355,33 |
| 32 | Обработка сырьевых материалов | 475 | 0,65 | 0,74 | 0,91 | 396,05 | 303,64 | 499,05 | 720,32 |
| 33 | Помол золы | 485 | 0,63 | 0,72 | 0,96 | 397,56 | 280,32 | 486,45 | 702,13 |
| 34 | Производство сухих строительных смесей | 285 | 0,72 | 0,77 | 0,83 | 226,74 | 149,22 | 271,44 | 391,79 |
| 35 | Складские помещения | 55 | 0,34 | 0,85 | 0,62 | 36,44 | 16,41 | 39,96 | 57,68 |
| 36 | Административное здание | 83 | 0,74 | 0,80 | 0,75 | 59,62 | 32,83 | 68,06 | 98,24 |
| Итого по цехам без учета освещения | | 2517 | – | 0,80 | 0,75 | 1839,7 | 1381,2 | 2300,5 | 3320,49 |

Вывод

Наиболее мощными потребителями электроэнергии являются производственные помещения и цеха. Самым крупным и мощным цехом является рассматриваемый цех по производству газобетонных блоков.

Далее проведем расчет электрических нагрузок с учетом освещения, а именно просуммируем электрические нагрузки электрооборудования цехов и освещения.

2 Анализ мероприятий для повышения энергетической эффективности

Поскольку крупную долю технологического оборудования завода по производству стройматериалов составляют тепловые установки, необходимо провести теплоизоляционные мероприятия. Теплоизоляционные мероприятия необходимо провести как для самих цехов в целом, так и для инженерных сетей и систем, где протекает теплоноситель. Теплоизоляционные мероприятия позволят снизить потери тепловой энергии, и, следовательно, сократить затраты энергоносителей.

Что касается снижения затрат электрической энергии, то необходимо провести мероприятия по компенсации реактивной мощности, поскольку коэффициент мощности является не высоким. Также следует проверить электрические сети на потери расчетным путем, провести технико-экономический расчет по изменению конфигурации электрической сети.

Замена системы освещения позволит также снизить активную мощность и соответственно полную мощность. Поскольку полная мощность снизится за счет компенсации реактивной мощности и замены системы освещения, то снизится нагрузка на силовые трансформаторы, изменятся потери электроэнергии на холостой ход и короткое замыкание. Поэтому необходимо предусмотреть мероприятия по отключению малонагруженных трансформаторов.

Вывод

Вышеприведенные мероприятия по снижению потерь тепловой и электрической энергии необходимо внедрить совместно, что обеспечит энергетическую эффективность на наиболее высоком уровне.

Эффективность внедрения мероприятий будет определена путем технико-экономических расчетов.

3 Расчет эффективности замены электрического освещения

На исследуемом предприятии применяются для уличного освещения лампы ДРЛ, которые имеют световую отдачу 60 Лм/Вт. В качестве искусственного освещения цехов применяются люминесцентные лампы, которые имеют световую отдачу 80 Лм/Вт.

Поскольку данные типы светильников являются энергетически неэффективными, то примем к установке светодиодное освещение для повышения энергетической эффективности.

Проведем технико-экономический расчет для светодиодных светильников. Для расчета освещения воспользуемся методом удельной мощности. Результаты расчетов приведены в таблице 6.

Расчеты проводились на основе паспортных данных светильников, приведенных в таблице 5, которые взяты из каталога производителя светодиодных светильников [10], а также на основе исходных данных по освещению помещений и прилегающих территорий завода.

«Средняя освещенность на рабочих местах с постоянным пребыванием людей должна быть не менее 200 лк» [7].

Для складских помещений принимаем освещенность $E = 300$ лк.

Освещенность территории и дорог принимаем равной 10 лк. [9]

Расчет электрической нагрузки освещения:

$$P_{po} = \frac{E \cdot K_c \cdot F}{\Phi/P} \quad (10)$$

$$Q_{po} = P_{po} \cdot \operatorname{tg}(\operatorname{acos}(\cos\varphi)) \quad (11)$$

где Φ/P – световая отдача, Лм/Вт;

F – площадь освещения, м²;

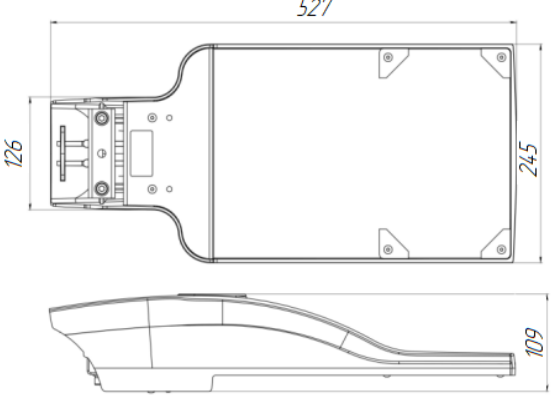
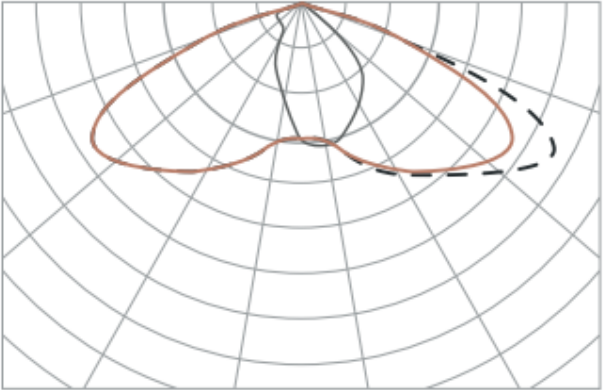
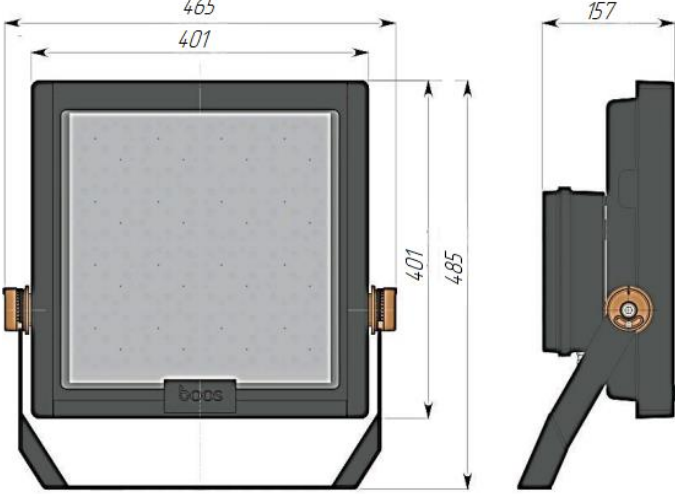
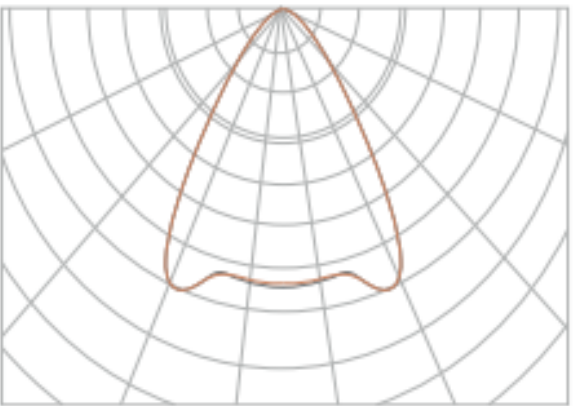
K_c – коэффициент спроса.

Полную мощность рассчитаем по формуле 8.

Таблица 5 – Паспортные данные светильников из каталогов производителя светильников Galad

| Назначение | Уличное светодиодное освещение | Склад | Административное здание | Цеха |
|---|--------------------------------|--------------|-------------------------|----------|
| Расчетное значение отношения светового потока к мощности светильника, Лм/Вт | 150 | 138,6 | 110 | 125,263 |
| Модель светильника | Галеон XS LED | Ситиус L LED | Кайро 600 LED | Урал LED |
| Мощность, Вт | 30 | 70 | 30 | 95 |
| Световой поток, лм | 4500 | 9700 | 3300 | 11900 |
| Цветовая температура, К | 4000 | 4000 | 5000 | 4000 |
| Степень пылевлагозащиты | IP66 | IP66 | IP20 | IP65 |
| Расчетное количество светодиодных светильников, шт | 5 | 24 | 20 | 151 |

Таблица 6 – Внешний вид, габаритные размеры и КСС светильников

| Модель светильника | Внешний вид и габаритные размеры | КСС светильника |
|---|---|--|
| <p>GALAD Галеон XS LED-30-ШБ/У50 (4500/740/RAL7040/0/ORS2/GEN1)</p> |  |  |
| <p>GALAD Ситиус L LED-70-Wide (740/YW360F/D/0/ИHBS/GEN1)</p> |  |  |

Продолжение таблицы 6

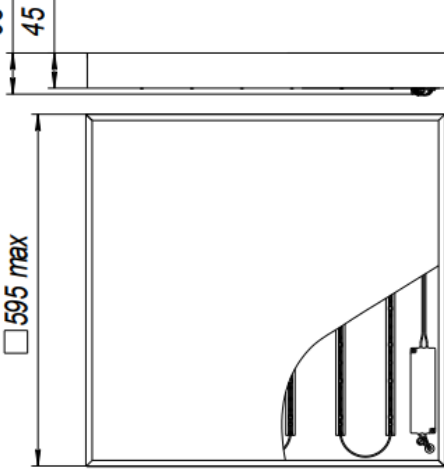
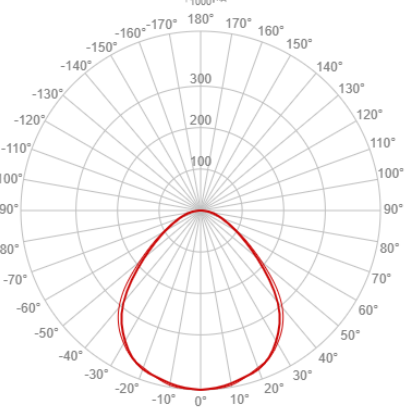
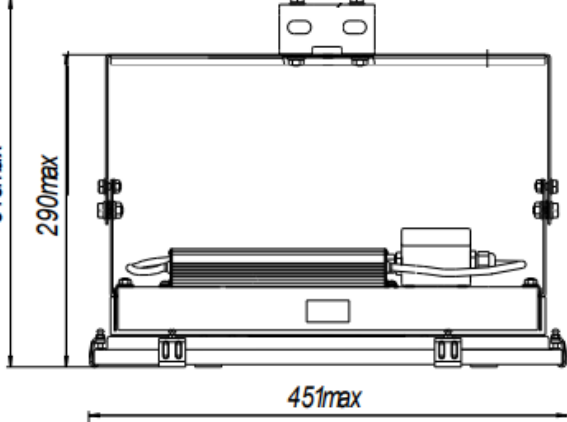
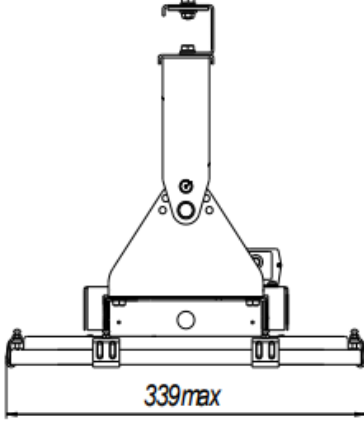
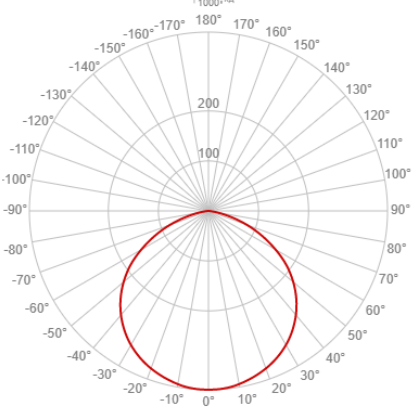
| Модель светильника | Внешний вид и габаритные размеры | КСС светильника |
|---|--|--|
| <p>GALAD Кайро 600 LED-30/В/КЛ/5000</p> |  |  |
| <p>GALAD Урал LED-95- Extra Wide (1/11900/750/RAL7035/ D/230V/0/GEN1)</p> |   |  |

Таблица 7 – Техничко-экономический расчет освещения

| № цеха | Наименование цеха | Исходные данные | | | Действующее освещение | | | | | Светодиодное освещение | | | | |
|------------------------------|--|-----------------|------|-------|-----------------------|-------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------------|--------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | | E | Kс | F | cosφ | Φ/P | P _{po} | Q _{po} | S _{po} | cosφ | Φ/P | P _{po} | Q _{po} | S _{po} |
| | | лк | | м2 | | Лм/Вт | кВт | квар | кВА | | Лм/Вт | кВт | квар | кВА |
| 31 | Производство газобетонных блоков | 200 | 0,9 | 7920 | | 0,9 | 80 | 17,82 | 8,63 | | 19,8 | 0,97 | 125,26 | 11,38 |
| 32 | Обработка сырьевых материалов | 200 | 0,9 | 900 | 0,9 | 80 | 2,03 | 0,97 | 2,25 | 0,97 | 125,26 | 1,29 | 0,32 | 1,33 |
| 33 | Помол золы | 200 | 0,9 | 880 | 0,9 | 80 | 1,98 | 0,96 | 2,2 | 0,97 | 125,26 | 1,26 | 0,32 | 1,3 |
| 34 | Производство сухих строительных смесей | 200 | 0,9 | 280 | 0,9 | 80 | 0,63 | 0,31 | 0,7 | 0,97 | 125,26 | 0,4 | 0,09 | 0,41 |
| 35 | Складские помещения | 300 | 0,6 | 1500 | 0,9 | 80 | 3,38 | 1,62 | 3,75 | 0,96 | 138,6 | 1,95 | 0,56 | 2,03 |
| 36 | Административное здание | 200 | 0,95 | 350 | 0,9 | 80 | 0,83 | 0,4 | 0,92 | 0,97 | 110 | 0,6 | 0,16 | 0,62 |
| Прилегающие территории цехов | | 10 | 0,6 | 4000 | 0,85 | 60 | 0,4 | 0,25 | 0,47 | 0,95 | 150 | 0,16 | 0,06 | 0,17 |
| Итого | | 1310 | – | 15830 | 0,9 | – | 27,07 | 13,14 | 30,09 | 0,97 | – | 17,04 | 4,35 | 17,59 |

Проведем расчет мощности с учетом освещения и занесем полученные результаты в таблицу 8.

Таблица 8 – Электрическая нагрузка завода с учетом освещения

| Электроприемник | P_y | $\cos\varphi$ | $\operatorname{tg}\varphi$ | P_p | Q_p | S_p | I_p |
|---|---------|---------------|----------------------------|---------|---------|---------|---------|
| | кВт | | | кВт | квар | кВА | А |
| Производственные помещения | 2517 | 0,80 | 0,75 | 1839,70 | 1381,23 | 2300,50 | 3320,49 |
| Светодиодное освещение помещений и прилегающих территорий | 16,78 | 0,97 | 0,25 | 17,04 | 4,35 | 17,59 | 25,39 |
| Итого по заводу с учетом освещения | 2533,78 | 0,80 | 0,75 | 1856,74 | 1385,58 | 2316,75 | 3343,94 |

Вывод

В результате замены освещения удалось сократить потребление электрической энергии примерно на 42%.

Снижение электропотребления на освещение связано с тем, что отношение светового потока к мощности светильника увеличилось при изменении типа светильника.

4 Расчет компенсирующих устройств

Полученный коэффициент мощности по заводу стал равен после замены системы освещения 0,8. Данный показатель можно повысить путем установки компенсирующих устройств.

«Большинство промышленных потребителей электроэнергии наряду с активной мощностью потребляют и реактивную мощность, которая расходуется на создание электромагнитных полей и является бесполезной. Наличие в электросети реактивной мощности снижает качество электроэнергии, приводит к увеличению платы за электроэнергию, дополнительным потерям и перегреву проводов, перегрузке подстанций, необходимости завышения мощности силовых трансформаторов и сечения кабелей, просадкам напряжения в электросети» [5].

Проведем расчет мощности АУКРМ для достижения значения коэффициента мощности 0,95.

Расчетная мощность АУКРМ:

$$Q_{\text{КУ}} = \theta \cdot P_p \cdot (\operatorname{tg} \varphi_1 - \operatorname{tg} \varphi_2) \quad (12)$$

$$Q_{\text{КУ}} = 0,9 \cdot 1856,74 \cdot (0,75 - 0,33) = 701,85 \text{ квар}$$

где θ – коэффициент, учитывающий повышение коэффициента мощности;

$\operatorname{tg} \varphi_1$ – значение коэффициента до компенсации;

$\operatorname{tg} \varphi_2$ – значение коэффициента после компенсации.

Выбираем АУКРМ 0,4-700-50-5 [13] поскольку подстанция используется однотрансформаторная.

Коэффициент потерь $K_{\text{п}}$ для производств принимается равным 0,08 [8].

Годовая экономия электроэнергии после установки УРКМ:

$$W_{\text{ЭК}} = W_{\text{Год}} \cdot \left(1 - \frac{\cos^2 \varphi_1}{\cos^2 \varphi_2}\right) \cdot K_{\text{П}} \quad (13)$$

$$\frac{W_{\text{ЭК}}}{W_{\text{Год}}} = \left(1 - \frac{\cos^2 \varphi_1}{\cos^2 \varphi_2}\right) \cdot K_{\text{П}} \quad (14)$$

$$\frac{W_{\text{ЭК}}}{W_{\text{Год}}} = \left(1 - \frac{\cos^2 \varphi_1}{\cos^2 \varphi_2}\right) \cdot K_{\text{П}} = \left(1 - \frac{0,8^2}{0,94^2}\right) \cdot 0,08 = 0,022$$

где « $W_{\text{Год}}$ – годовое потребление энергии;

$\cos^2 \varphi_1$ и $\cos^2 \varphi_2$ – величины коэффициента мощности до и после внедрения УКРМ соответственно» [8].

Преобразовав формулу 13, по формуле 14 получаем, что сэкономленная электроэнергия составляет 2,2%.

Таблица 9 – Расчет электрической нагрузки завода с учетом компенсации реактивной мощности

| Наименование показателя | $P_{\text{У}}$ | $\cos \varphi$ | $\text{tg} \varphi$ | $P_{\text{Р}}$ | $Q_{\text{Р}}$ | $S_{\text{Р}}$ | $I_{\text{Р}}$ |
|---|----------------|----------------|---------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | кВт | | | кВт | квар | кВА | А |
| Итого по заводу без учета компенсации реактивной мощности | 2533,78 | 0,80 | 0,75 | 1856,74 | 1385,58 | 2316,75 | 3343,94 |
| Компенсирующее устройство | – | – | 0,33 | – | 2x350 | – | – |
| Итого по заводу с учетом компенсации реактивной мощности | 2533,78 | 0,94 | 0,37 | 1856,74 | 685,58 | 1979,27 | 2856,83 |

Вывод

Компенсация реактивной мощности позволила снизить нагрузку на электрооборудование, необходимого для электроснабжения завода, а также снизить потери электроэнергии на 2,2%.

5 Анализ распределительной сети

Рассмотрим данные о кабельной сети на примере цеха №31. В данном цеху проложены кабели ВВГнг-LS.

Проведем проверку сети по потерям напряжения на примере цеха №31. Расчетная схема приведена на рисунке 3.

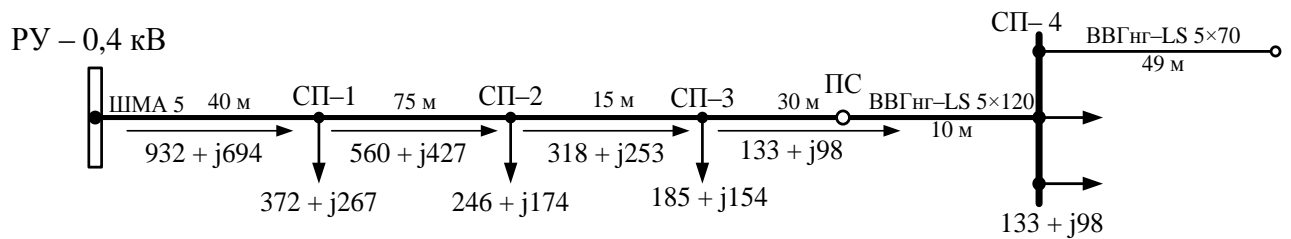


Рисунок 3 – Расчетная схема

Потери напряжения в кабельных линиях определим по следующему выражению [6]:

$$\Delta U = \frac{(P \cdot r_0 + Q \cdot x_0)}{U_{ном}} l \quad ()$$

где r_0 , x_0 – активное и индуктивное сопротивление кабеля, Ом/км;

l – длина кабеля, км;

P , Q – активная и реактивная мощность проходящая через кабель.

На основании данных представленных в таблице 9, проведем расчет кабелей по потерям напряжения. Результаты расчетов по потерям напряжения представим в таблице 10.

Таблица 10 – Перечень данных о кабелях, проложенных в цеху №31

| № ЭП | Наименование группы ЭП | n | Scm | Sp | Ip | L | m | Сечение |
|---------|---|----|--------|--------|-------|----|----|---------|
| | | | кВА | кВА | А | | шт | |
| СП 1 | | 21 | 420,22 | 394,93 | 30,31 | 10 | 2 | 5x120 |
| 1...5 | Оборудование дозирования и смешивания | 5 | 203 | – | 58,6 | 56 | 2 | 5x120 |
| 6 | Тележка транспортировочная | 1 | 20 | – | 28,87 | 21 | 1 | 5x16 |
| 7...11 | Формовочное оборудование | 5 | 36,67 | – | 10,59 | 23 | 1 | 5x25 |
| 12,13 | Кантовочное оборудование | 2 | 39,2 | – | 28,29 | 32 | 1 | 5x25 |
| 14...16 | Резочное оборудование | 3 | 112 | – | 53,89 | 45 | 1 | 5x95 |
| 17 | Податчик | 1 | 8,8 | – | 12,7 | 23 | 1 | 5x6 |
| 18...21 | Оборудование системы вентиляции и дымоудаления | 4 | 5,27 | – | 1,9 | 39 | 3 | 5x4 |
| СП 2 | | 14 | 251,84 | 250,36 | 20,21 | 35 | 2 | 5x95 |
| 22,23 | Резочное оборудование | 2 | 34,53 | – | 24,92 | 62 | 1 | 5x25 |
| 24,25 | Грузоподъемное оборудование | 2 | 39,33 | – | 28,38 | 25 | 1 | 5x25 |
| 26...28 | Податчик | 3 | 112 | – | 53,89 | 30 | 1 | 5x120 |
| 29,30 | Оборудование шлифовки изделий | 2 | 41,41 | – | 29,89 | 68 | 1 | 5x25 |
| 31,32 | Оборудование системы вентиляции | 4 | 22,59 | – | 8,15 | 22 | 1 | 5x70 |
| 33 | Система автоматизированного управления автоклавом | 1 | 3 | – | 4,33 | 45 | 1 | 5x2,5 |
| СП 3 | | 16 | 188,01 | 175,32 | 23,09 | 35 | 2 | 5x70 |
| 34...36 | Податчик | 3 | 48,8 | – | 23,48 | 47 | 1 | 5x50 |
| 37,38 | Оборудование сортировки и укладки | 2 | 55,53 | – | 40,08 | 42 | 1 | 5x70 |
| 39...41 | Оборудования для работы с пакетами | 3 | 49,88 | – | 24 | 48 | 1 | 5x50 |
| 42,43 | Вытяжное оборудование | 2 | 23,53 | – | 16,98 | 38 | 1 | 5x10 |
| 44 | Оборудование системы вентиляции | 1 | 4,33 | – | 6,25 | 30 | 1 | 5x2,5 |
| 45...49 | Инструментальные | 5 | 6,56 | – | 1,89 | 42 | 1 | 5x10 |
| СП 4 | | 6 | 121,7 | 121,34 | 8,66 | 10 | 1 | 5x120 |
| 50,51 | Котельная | 2 | 80 | – | 57,74 | 49 | 1 | 5x95 |
| 52,53 | Оборудование охладительное | 2 | 34,67 | – | 25,02 | 60 | 1 | 5x50 |
| 54,55 | Насосная станция | 2 | 9,33 | – | 6,73 | 42 | 1 | 5x10 |
| Итого | | 52 | 979,33 | 939 | 75,06 | | 1 | |

Таблица 11 – Расчет по потерям напряжения

| Участок сети | P, | Q, | r ₀ , | x ₀ , | L, | ΔU | |
|------------------|--------|--------|------------------|------------------|----|------|------|
| | кВт | кВт | Ом/км | Ом/км | м | В | % |
| РУ – СП 1 | 723,29 | 598,81 | 0,018 | 0,0083 | 40 | 1,8 | 0,47 |
| СП 1 – СП 2 | 426,85 | 337,86 | 0,018 | 0,0083 | 75 | 1,97 | 0,52 |
| СП 2 – СП 3 | 245,93 | 164,8 | 0,018 | 0,0083 | 15 | 0,22 | 0,06 |
| СП 3 – ПС | 105,73 | 59,53 | 0,018 | 0,0083 | 30 | 0,18 | 0,05 |
| ПС – СП 4 | 105,73 | 59,53 | 0,185 | 0,075 | 10 | 0,6 | 0,16 |
| СП 4 – Котельная | 76 | 25,08 | 0,269 | 0,074 | 50 | 2,79 | 0,73 |

Вывод

Потери в кабельной сети не превышают допустимые, т.е. составляют менее 5%. Изменение распределительной сети не имеет смысла, поскольку данное мероприятие не окупается.

6 Анализ схемы электроснабжения завода

Расположение существующих цехов изначально было определено по соответствующим формулам для расчета электрических нагрузок.

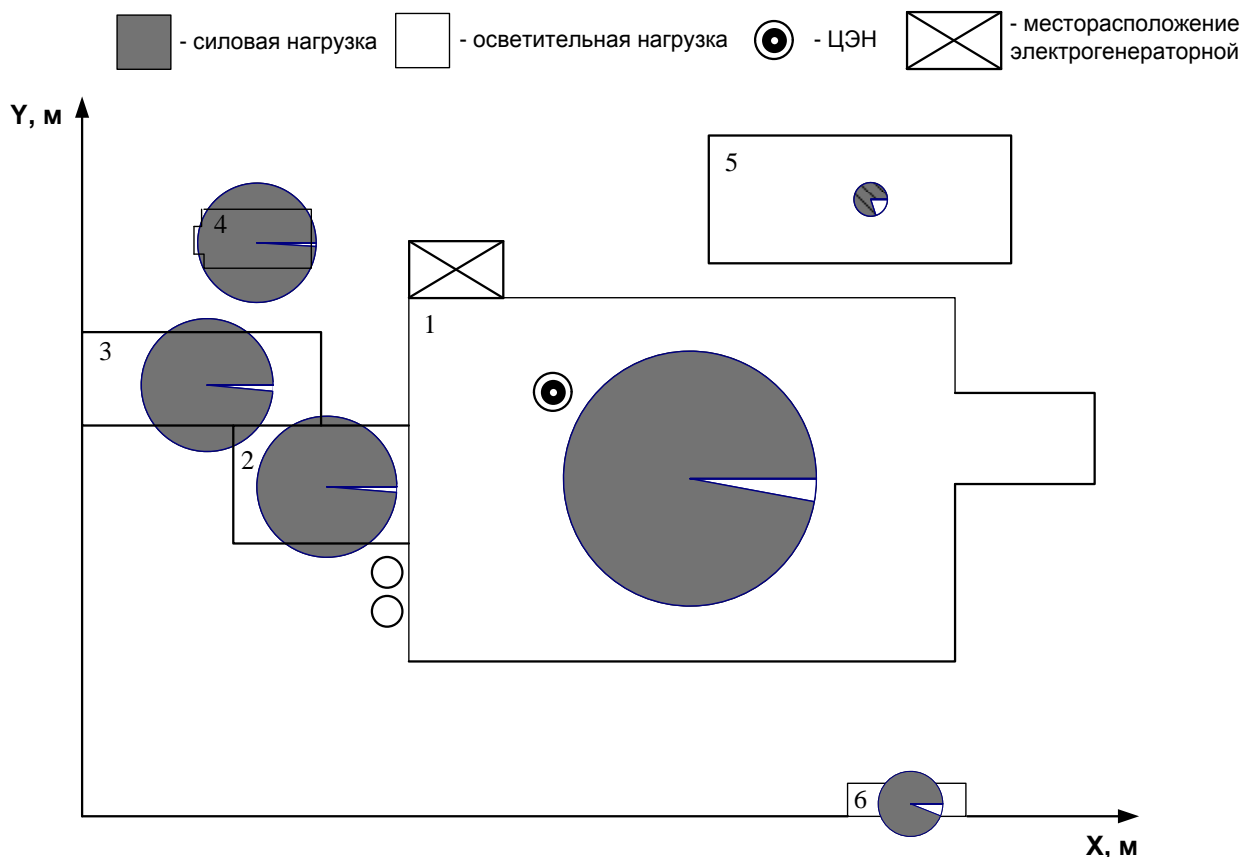


Рисунок 4 – Картограмма электрических нагрузок цехов завода

Поскольку на рассматриваемом заводе присутствуют потребители I и II категории надежности (31-34 цеха), то необходимо использовать два независимых источника питания.

В процессе производства газобетонных изделий необходимо соблюдение требований:

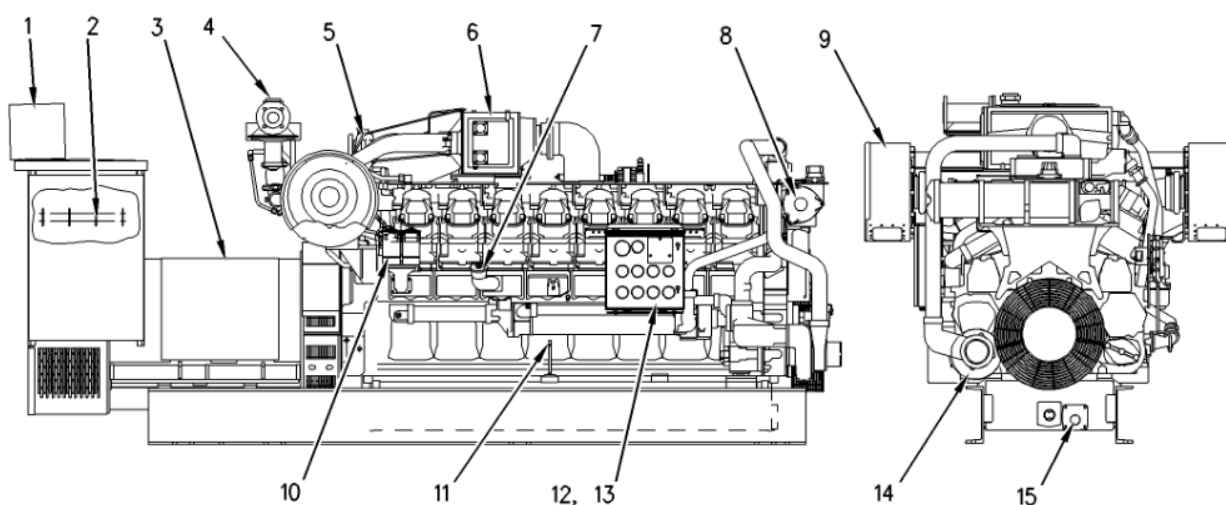
- подготовки сырьевых материалов;
- верной дозировки сырья;

- проведения мониторинга ферментации;
- обработки изделий;
- автоматизация технологического процесса.

Для поддержания автоматизации процесса производства газобетонных изделий используется линия Wehrhahn. Данная линия обладает:

- Высокой производительностью;
- Точностью работы оборудования;
- Высокой степенью автоматизации производства.

В соответствии с этим производство газобетонных изделий накладывает соответствующие требования к надежности и обеспечению независимого электроснабжения. Также на исследуемом предприятии требуется значительное количество тепловой энергии для обеспечения качественного производства изделий из газобетона. Поэтому на рассматриваемом предприятии применяется автономное электроснабжение.



1 – пульт управления, 2 – выходы установки, 3 – генераторная установка, 4 – штуцер топливный, 5 – выхлопной клапан, 6 – воздушный охладитель, 7 – масляный патрубок, 8 – масляный фильтр, 9 – очиститель воздуха, 10 – салун картера двигателя, 11 – щуп, 12 – щит, 13 – распредкоробка, 14 – водяной насос, 15 – маслослив.

Рисунок 5 – Когенерационная установка G3516 (вид справа и спереди)

Поскольку для выработки электрической и тепловой энергии используются когенерационные установки G3516 (рисунок 5), а именно два газопоршневых двигателя. Проектирование электроснабжения осуществлялось в соответствии со схемой, представленной на рисунке 6.

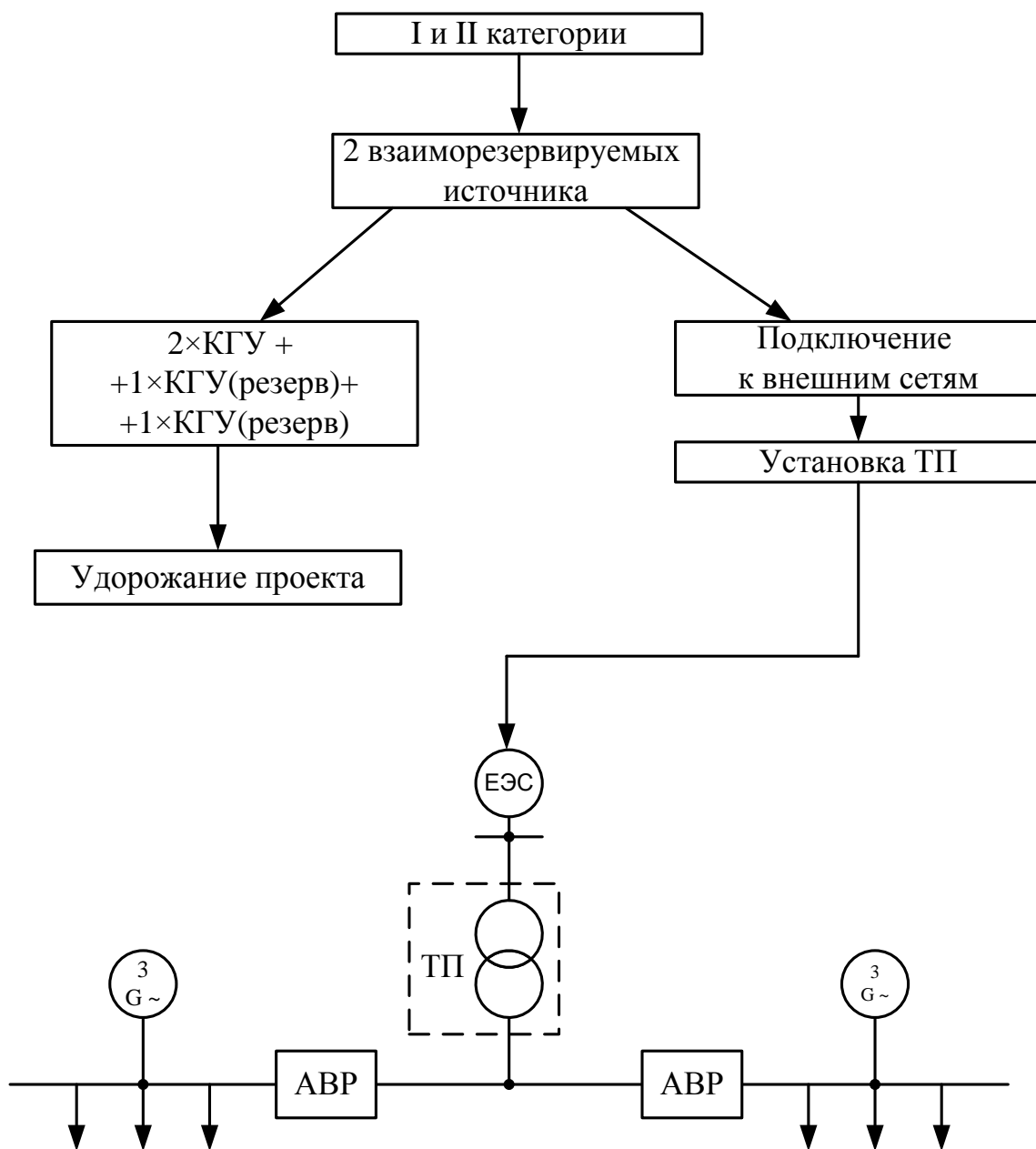


Рисунок 6 – Проектирование главной схемы электроснабжения

Распределительные сети выполнены по смешанной схеме. Цеха, расположенные отдельно запитываются с использованием кабельных линий. Цеха, которые прилегают к ТП, запитаны с использованием магистральных шинопроводов.

В результате проведения энергосберегающих мероприятий, установленный трансформатор ТМГ 2500/10 способен покрыть электрическую нагрузку завода не имея перегрузки, как было ранее. Это привело к тому, что при работе одной когенерационной установки, трансформатор ТМГ 2500/10 является недогруженным. Этот эффект является несущественным, поскольку число часов работы трансформатора в год низкое.

«Схемы систем электроснабжения обычно проектируются с учетом требования обеспечения надежности электроснабжения производственно-технологического оборудования и вспомогательных служб, например, за счет резервирования.

Основные потери в системе электроснабжения промышленного предприятия — потери в трансформаторах.

Потери трансформаторов складываются из потерь х.х., которые имеются всегда, когда трансформатор включен в сеть, и нагрузочных потерь (потерь в обмотках). Потери х.х. постоянны во времени и могут меняться в большую сторону по мере старения и износа оборудования. Нагрузочные потери прямо пропорциональны квадрату тока, протекающего в обмотках трансформатора, при 100% загрузке трансформатора они равны потерям к.з. Требование резервирования трансформаторного оборудования приводит к росту потерь х.х» [1].

В соответствии с этим, электроснабжение достаточно осуществлять теперь лишь от одного источника. Наиболее рациональным будет использование действующих когенерационных установок.

Электроснабжение от ТП с ТМГ 2500/10 осуществлять только в случае отключения одной или двух когенерационных установок.

Для внедрения данного мероприятия необходим монтаж средств автоматики, для проведения переключений.

Проведем расчет экономии электроэнергии. Одна газопоршневая установка Caterpillar G3516 вырабатывает мощность 1030 кВт. Изначально полная мощность электроприемников завода составляла 2331 кВА. В результате внедрения мероприятий по энергосбережению полная мощность стала 1979 кВА.

Время максимальных потерь:

$$\tau = \left(0,124 + \frac{T_{\max}}{10000}\right)^2 \cdot 8760 \quad (15)$$

$$\tau = \left(0,124 + \frac{2190}{10000}\right)^2 \cdot 8760 = 3005 \text{ ч}$$

где « T_{\max} – число часов использования максимума электрической нагрузки, ч» [4].

Таблица 12 – Паспортные данные трансформатора ТМГ 2500/10, установленного в цеху №31

| Параметр | Обозначение | Значение |
|---|-----------------|----------|
| Номинальная мощность, кВА | S_H | 2500 |
| Потери мощности на холостой ход (ХХ), кВт | ΔP_{XX} | 2,5 |
| Потери мощности на короткое замыкание (КЗ), кВт | ΔP_{K3} | 26,5 |
| Напряжение короткого замыкания, % | U_{K3} | 6 |
| Ток холостого хода, % | I_{XX} | 1,1 |

Годовые потери электроэнергии одного трансформатора:

$$\Delta W_{\text{общ}} = \Delta P_{XX} \cdot T \cdot n + \Delta P_{K3} \cdot \left(\frac{S_p}{S_H}\right)^2 \cdot \tau \cdot \frac{1}{n} \quad (16)$$

$$\Delta W_{\text{общ}} = 2,5 \cdot 2190 \cdot 1 + 26,5 \cdot \left(\frac{352}{2500}\right)^2 \cdot 3005 \cdot \frac{1}{1} = 7053,69 \text{ кВтч}$$

где T – время работы трансформатора за год, ч.

Теперь проведем расчет финансовой экономии.

Финансовая экономия:

$$\mathcal{E} = \Delta W_{\text{общ}} \cdot \alpha \quad (17)$$

$$\mathcal{E} = 7053,69 \cdot 4,4 = 31036,24 \text{ руб}$$

где α – стоимость 1 кВтч, руб.

Стоимость проектирования и проведения строительных работ составляет 150 тыс. рублей. Поэтому окупаемость данного проекта составляет менее 5 лет. Данный срок окупаемости проекта является благоприятным. [12]

Вывод

Установка автоматики, которые позволяет снизить потери электроэнергии при работе трансформатора окупается менее чем за 5 лет, что является хорошим показателем проекта.

7 Теплоизоляция трубопроводов

Тепловые потери возникают на любом объекте строительства. Тепловые потери могут возникать в инженерных сетях таких как отопление, вентиляция, кондиционирование, водоснабжение, так и через ограждающие конструкции самого здания (кровля, стены, окна). Чтобы снизить тепловые потери, необходимо повысить тепловое сопротивление ограждающих конструкций.

Теплоизоляция конструкций может выполняться внутри или снаружи.

Утепление цеха наиболее оптимально проводить снаружи здания, поскольку будет ниже риск получения травм при проведении работ.

Утепление коммуникаций будет проводится также снаружи (рисунок 7).

Для оценки энергоэффективности теплоизоляционных мероприятий проведем расчет на примере инженерных систем цеха №31.

Тепловой расчет изоляции отопительного контура когенерационных установок и трубопроводов проведем согласно методики В.2 СП 61.13330.2012 «Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов».



Рисунок 7 – Наружная теплоизоляция трубопровода когенерационной установки

Для проведение технико-экономического расчета, проведем анализ и выбор теплоизоляционных конструкций.

«Теплоизоляционная конструкция должна обеспечивать параметры теплоносителя при эксплуатации, нормативный уровень тепловых потерь оборудованием и трубопроводами, безопасную для человека температуру их наружных поверхностей.

Конструкции тепловой изоляции трубопроводов и оборудования должны отвечать требованиям:

- энергоэффективности - иметь оптимальное соотношение между стоимостью теплоизоляционной конструкции и стоимостью тепловых потерь через изоляцию в течение расчетного срока эксплуатации;
- эксплуатационной надежности и долговечности - выдерживать без снижения теплозащитных свойств и разрушения эксплуатационные температурные, механические, химические и другие воздействия в течение расчетного срока эксплуатации;
- безопасности для окружающей среды и обслуживающего персонала при эксплуатации и утилизации.

Материалы, используемые в теплоизоляционных конструкциях, не должны выделять в процессе эксплуатации вредные, пожароопасные и взрывоопасные, неприятно пахнущие вещества, а также болезнетворные бактерии, вирусы и грибки, в количествах, превышающих предельно допустимые концентрации, установленные в санитарных нормах.

В состав конструкции тепловой изоляции для поверхностей с положительной температурой в качестве обязательных элементов должны входить:

- теплоизоляционный слой;
- покровный слой;
- элементы крепления» [11].

Классификация тепловых изоляционных слоев представлена на рисунке 8.

В качестве материала для теплоизоляции выберем каменную вату, выполненную в виде прошивных матов.

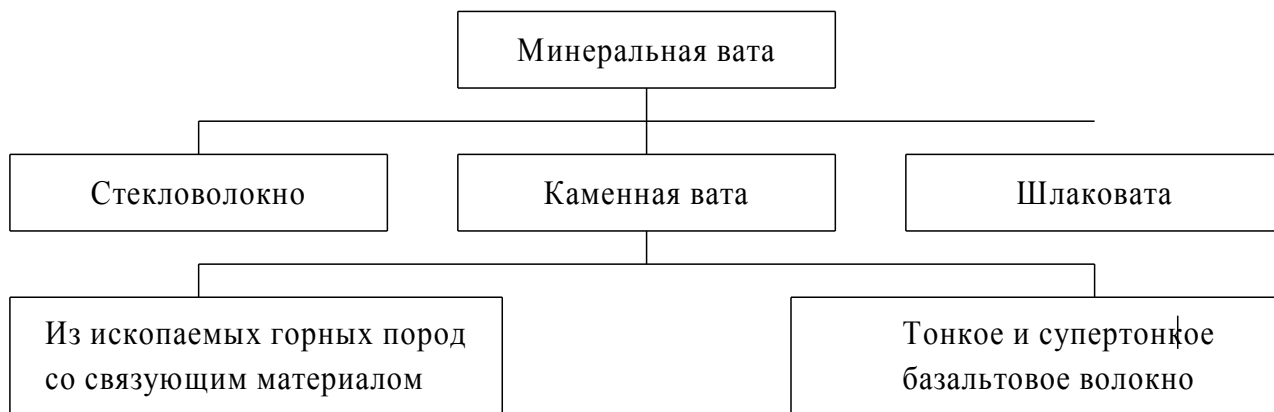


Рисунок 8 – Классификация теплоизоляционных материалов на основе минеральной ваты

Следует добавить то, что помимо повышения энергетической эффективности в цеху, теплоизоляция позволяет снизить количество ожоговых травм, получаемых при случайных касаниях с трубопроводом.

Технико-экономический расчет проведем с помощью программы Isotec. В результате проведенного расчета, было получено, что окупаемость теплоизоляции составляет около 7 месяцев. Подробные расчеты приведены в таблице.

Таблица 13 – Техничко-экономический расчет теплоизоляционных работ дымовых труб

| Наименование | Показатель | Единица измерения | Значение |
|---|--------------------|--------------------|----------|
| Теплоизоляционный материал | Удельная стоимость | руб/м ³ | 11172 |
| | Объем | м ³ | 2 |
| | Общая стоимость | руб | 32064 |
| Монтажные работы | Удельная стоимость | руб/м | 300 |
| | Длина трубопровода | м | 14 |
| | Общая стоимость | руб | 4200 |
| Покрытие | Удельная стоимость | руб/м ² | 600 |
| | Объем | м ² | 34 |
| | Общая стоимость | руб | 20152 |
| Затраты на утепление | | руб | 56416 |
| Тариф теплоэнергии | | руб/кВтч | 1,2 |
| Фонд рабочего времени за год | | ч | 2500 |
| Потери теплоизолированного трубопровода | | Вт/м | 162 |
| Потери трубопровода без теплоизоляции | | Вт/м | 5779 |
| Снижение энергозатрат | | руб | 94362 |
| Срок окупаемости | | лет | 0,6 |

Проведенный расчет соответствует для одного трубопровода когенерационной установки. Расчет теплоизоляции для трубопроводов, которые имеют температуру больше 45°С, проводится аналогично.

Вывод

Теплоизоляция позволяет повысить тепловое сопротивление, тем самым снизить тепловые потери систем отопления, вентиляции и кондиционирования.

Окупаемость теплоизоляционных мероприятий на примере отопительного контура когенерационной установки составляет 7 месяцев.

Заключение

В ходе написания ВКР, мы выяснили, что внедрение современных решений с соблюдением требований нормативно-технической документации позволяет повысить энергоэффективность исследуемого промышленного предприятия.

Поскольку потери возникают в различных сферах завода по производству стройматериалов, то необходимо рассмотреть различные мероприятия по повышению энергетической эффективности.

В соответствии с этим, был проведен расчет электрических нагрузок, который приведен в таблице 2, рассмотрен план и используемое энергооборудование для электроснабжения и теплоснабжения завода по производству строительных материалов.

На основании этих данных был проведен анализ и расчет следующих энергосберегающих мероприятий:

- а) Проведена замена освещения. Изначально использовались ДРЛ для уличного освещения и люминесцентные лампы в качестве искусственного освещения внутри здания. В результате замены освещения удалось сократить потребление электрической энергии примерно на 42%. Снижение электропотребления на освещение связано с тем, что отношение светового потока к мощности светильника увеличилось при изменении типа светильника.
- б) Смонтирована автоматическая установка компенсации реактивной мощности АУКРМ 0,4-700-50-5. Компенсация реактивной мощности позволила снизить нагрузку на электрооборудование, необходимого для электроснабжения завода, а также снизить потери электроэнергии на 2,2%.

- в) Снижение потерь электроэнергии путем отключения трансформатора при недостаточной нагрузке. Установка автоматики, которая позволяет снизить потери электроэнергии при работе трансформатора окупается менее чем за 5 лет, что является хорошим показателем проекта.
- г) Теплоизоляция инженерных коммуникаций и ограждающих конструкций цехов завода по производству строительных материалов. Окупаемость теплоизоляционных мероприятий на составляет ориентировочно 7 месяцев.

Внедрение мероприятий по изменению конфигурации распределительной сети и замене кабелей для электроснабжения цехов завода по производству строительных материалов не повысит энергетическую эффективность, а также не приведет к окупаемости поскольку, потери в кабельных сетях не превышают допустимые (составляют менее 5%).

Список используемых источников

1. Вахнина В.В. Проектирование систем электроснабжения // Электрон. учеб.-метод. пособие ТГУ; Ин-т энергетики и электротехники; каф. «Электроснабжение и электротехника». Тольятти : Изд-во ТГУ, 2016. 78 с.
2. ГОСТ Р 55710-2013 Освещение рабочих мест внутри зданий. Нормы и методы измерений [Электронный ресурс]: утв. и введен в действие Приказом Росстандарта от 08.11.2013 N 1364-ст. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200105707> (дата обращения: 14.01.2021).
3. Для чего нужен УКРМ? [Электронный ресурс] : Официальный сайт диллера электрооборудования Ortea. URL: http://orteastore.ru/info/dlya_chego_ukrm/ (дата обращения: 16.01.2021).
4. Ивакин В. Н., Ковалев В. Д., Магницкий А. А. Нормирование энергоэффективности распределительных трансформаторов // Энергия единой сети. 2017 год. № 5 (34). С. 20-31.
5. Инструкция по проектированию городских электрических сетей [Электронный ресурс] : Руководящий документ 34.20.185-94 утв. приказом №213 от 07.07.1994. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200004921> (дата обращения: 17.01.2022).
6. Каталог светильников GALAD [Электронный ресурс] : Официальный сайт международной светотехнической корпорации GALAD. URL: <https://galad.ru/catalog/> (дата обращения: 14.01.2021).
7. Конденсаторная установка УКРМ-0,4-350-25 У3 [Электронный ресурс] : Официальный сайт завода по производству электрощитового оборудования «Элком-Энерго». URL: <https://elcom-energo.ru/catalog/kondensatornye-ustanovki-0-4-kv-krm-ukrm-aukrm-ukm58-aku-kku-i-drugie/reguliruemye-kondensatornye-ustanovki-ukrm-0-4/kondensatornaya-ustanovka-ukrm-0-4-350-25-u3/> (дата обращения: 16.01.2021).

8. Расчет сетей по потерям напряжения [Электронный ресурс] : интернет-сайт. URL: <http://electricalschool.info/main/elsnabg/905-raschet-setejj-po-poterjam-naprjazhenija.html> (дата обращения 17.01.2022).

9. РТМ 36.18.32.4-92. Указания по определению электрических нагрузок. М: ВНИИПИ Тяжпромэлектропроект, 1992. 14 с.

10. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение [Электронный ресурс]: Свод правил. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95 увт. Приказом Минстроя России от 07.11.2016 N 777/пр. URL: <http://docs.cntd.ru/document/456054197> (дата обращения: 14.01.2021).

11. СП 61.13330.2012 Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов. Актуализированная редакция [Электронный ресурс] : Строительные нормы и правила 41-03-2003 (с Изменением N 1). URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200091050/> (дата обращения: 25.01.2022).

12. Срок окупаемости проекта: новый подход к расчету [Электронный ресурс] // интернет-сайт. URL: <https://www.fd.ru/articles/159098-srok-okupaemosti-proekta> (дата обращения: 25.01.2022).

13. Увеличение энергоэффективности путем компенсации реактивной мощности [Электронный ресурс] : Официальный сайт поставщика оборудования НПП «РУМИКОНТ». URL: <http://rumikont.com/articles/uvেলichenie-energoeffektivnosti-putem-kompensatsii-reaktivnoy-moshchnosti/> (дата обращения: 14.01.2021).

14. Федеральный закон «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 23.11.2009 №261 (ред. от 26.01.2020). URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_93978/ (дата обращения 17.01.2022).

15. Энергоэффективность на промышленном предприятии: тренды и технические решения. [Электронный ресурс] : Журнал-справочник «Рынок-электротехники». URL: <https://marketelectro.ru/content/energoeffektivnost-na->

promyshlennom-predpriyatii-trendy-i-tehnicheskie-resheniya (дата обращения 17.01.2022).

16. Abdulhakim Amer A.Agl, Yousif M.Hamad, Tarek A.Hamad, John W.Sheffield. Study of energy recovery and power generation from alternative energy source [Text] / Missouri University of Science and Technology, Mechanical and Aerospace Engineering. - 2015. - PP. 1-7. - URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214157X14000227> (дата обращения: 25.01.2022).

17. Binbin Zhao, Yang Chen, Yuhan Lei. Energy-saving House based on the Healthy-Housing theory in Sanjiangyuan, Qinghai [Text] / E3S Web of Conferences. - 2019. - PP. 1-4. - URL: https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/pdf/2019/62/e3sconf_icbte2019_03028.pdf (дата обращения: 25.01.2022).

18. Fernandes H. S., Moura M. B., Guadalupe P. C., Fortes M. Z., and Fernandes N. C.. Software to manage transformers using intelligent electronic device [Text] / Universidad Nacional de Colombia. - 2016. - PP. 1-5. - URL: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/ingevinv/article/view/48104> (дата обращения: 25.01.2022).

19. Małgorzata Basinska, Halina Koczyk. Analysis of the possibilities to achieve the low energy residential buildings standards [Text] / Technological and Economic Development of Economy. - 2016. - URL: <https://journals.vgtu.lt/index.php/TEDE/article/view/786> (дата обращения: 25.01.2022).

20. Valerio R.M. Lo Verso, Anna Pellegrino. Energy Saving Generated Through Automatic Lighting Control Systems According to the Estimation Method of the Standard EN 15193-1 [Text] / Journal of Daylighting. - 2019. - URL: <https://solarlits.com/jd/6-131> (дата обращения: 25.01.2022).