

## АНАЛИЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ ОБЪЕКТОВ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЗОНЫ Г. АДРА-СИРИЯ

Абдуллазянов Э.Ю., Грачева Е.И., Ахмад М-Насер Альзаккар

Казанский государственный энергетический университет, г. Казань, Россия

<https://orcid.org/0000-0002-8355-189X>, [Ahmadalzakkar86@gmail.com](mailto:Ahmadalzakkar86@gmail.com)<sup>2</sup>

**Резюме:** Промышленные города в Сирии помогают государству в развитии заводов и укреплении основных отраслей промышленности, поскольку они обеспечивают подходящую инфраструктуру для данных отраслей и предоставляют им преимущества, которых может не быть за границей. В статье исследуется один из таких промышленных районов в г. Адра-Сирия. **ЦЕЛЬ.** Провести исследование расчетной мощности нагрузок жилищно-бытовых электропотребителей и сравнить с экспериментальной мощностью потребления в г. Адра. **МЕТОДЫ.** Используются методы обработки статистических данных и методы определения параметров нагрузок и графиков нагрузок электропотребителей на объектах г. Адра. **РЕЗУЛЬТАТЫ.** Определены данные параметров графиков нагрузок электропотребителей объектов г. Адра: Вычислены - среднее значение полной мощности нагрузки ( $S_{\text{сред}}$ ), максимальное значение полной мощности нагрузки ( $S_{\text{макс}}$ ), эффективное значение ( $S_{\text{эффектив}}$ ), среднеквадратическое отклонение полной мощности нагрузки ( $\sigma_{S_{\text{нз}}}$ ), значение вариации нагрузки ( $\gamma_{S_{\text{нз}}}$ ). Рассчитаны и проанализированы данные коэффициента заполнения графика нагрузки, коэффициента корреляции ( $R_{kj}$ ), а также получены значения статистических показателей суммарных графиков ( $S_{\text{сум}}$ ) электропотребителей подстанции «Кабун-1» в г. Адра, статистические данные суммарной полной мощности электропотребителей трансформаторов подстанции 33/11 кВ «Кабун-1», значения коэффициентов корреляции нагрузок промышленных электропотребителей, значения полной мощности нагрузки электропотребителей нового сектора г. Адра. **ЗАКЛЮЧЕНИЕ.** В результате проведенных исследований показана возможность эффективного внедрения мероприятий по регулированию величины максимальной суммарной мощности нагрузок основных электропотребителей г. Адра.

**Ключевые слова:** трансформаторная подстанция; электропотребитель; график нагрузки; потребляемая мощность; схема электроснабжения; регулирование электропотребления.

**Для цитирования:** Абдуллазянов Э.Ю., Грачева Е.И., Ахмад М-Насер Альзаккар. Анализ и исследование электропотребления объектов промышленной зоны г. Адра-Сирия // Известия высших учебных заведений. ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ. 2023. Т.25. № 1. С. 118-129. doi:10.30724/1998-9903-2023-25-1-118-129.

## ANALYSIS AND STUDY OF POWER CONSUMPTION OF OBJECTS IN THE INDUSTRIAL ZONE OF ADRA-SYRIA

EYu. Abdullazyanov, EI. Gracheva, A. Alzakkar

Kazan State Power Engineering University, Kazan, Russia

<https://orcid.org/0000-0002-8355-189X>, [Ahmadalzakkar86@gmail.com](mailto:Ahmadalzakkar86@gmail.com)<sup>1</sup>

**Abstract:** Industrial cities in Syria help the state in developing factories and strengthening the main industries, as they provide the right infrastructure for these industries and provide them with advantages that may not be available abroad. The article explores one of these industrial areas in the city of Adra-Syria. **PURPOSE.** Conduct a study of the design power of loads of residential electrical consumers and compare with the experimental power consumption in the city of Adra. **METHODS.** Methods for processing statistical data and methods for determining the parameters of loads and graphs of loads of electrical consumers at the facilities of Adra are used. **RESULTS.** The data on the parameters of the load curves of the electric consumers of the objects of Adra were determined: The average value of the total load power ( $S_{\text{aver}}$ ), the maximum value of the

total load power ( $S_{max}$ ), the effective value ( $S_{effective}$ ), the standard deviation of the total load power ( $\sigma_{Sng}$ ), the value of the load variation ( $\gamma_{Sng}$ ). The data of the load schedule fill factor, the correlation coefficient ( $R_{kj}$ ) was calculated and analyzed, and the values of the statistical indicators of the total schedules ( $S_{tot}$ ) of the electrical consumers of the Kabun-1 substation in Adra, the statistical data of the total apparent power of the electrical consumers of the transformers of the 33/11 kV substation were obtained. "Kabun-1", the values of correlation coefficients of loads of industrial electrical consumers, the values of the total power of the load of electrical consumers of the new sector of Adra. **CONCLUSION.** As a result of the studies carried out, the possibility of effective implementation of measures to regulate the maximum total power of the loads of the main electrical consumers in the city of Adra has been shown.

**Key words:** Transformer substation; power consumer; load schedule; power consumption; power supply scheme; power consumption regulation.

**For citation:** Abdullazyanov EYu, Gracheva EI, Alzakkar A. Analysis and study of power consumption of objects in the industrial zone of Adra-Syria. *Power engineering: research, equipment, technology*. 2023;25(1): 118-129. doi:10.30724/1998-9903-2023-25-1-118-129.

### **Введение (Introduction)**

В современных условиях развития Сирии особое внимание уделяется повышению оптимизация электроснабжения промышленной зоны именно г.Адра, который является одним из самых крупных в Сирии. В настоящее время регулированию режимов потребления электроэнергии уделяется значительное внимание, обусловленное ростом стоимости электроэнергии. Ниже представлен анализ некоторых научных работ ученых, проводящих исследования в данной области.

Так, авторами Абдуллазяновым Э.Ю., Грачевой Е. И., Альзаккаром А., Низамиевым М.Ф., Шумихиной О.А., Valtchev S. [1] представлено исследование, позволяющее повысить достоверность прогнозирования величины электропотребления и потерь электроэнергии на промышленных предприятиях. При этом предлагается использовать динамику изменения величины эквивалентного сопротивления внутривозовских сетей электроснабжения, что позволит управлять режимами расхода электроэнергии и вносить корректировки в процессы прогнозирования.

В своей работе Е.И. Грачева, А.Н. Алимова [2] провели анализ и исследовали причины возникновения возможных погрешностей от неучета основных характеристик электрооборудования при расчете потерь электроэнергии в цеховых сетях низкого напряжения. Авторами выявлено, что требуется учет таких параметров, как сопротивления контактных соединений и контактов низковольтных коммутационных аппаратов, установленных на линиях цеховых сетей, температуры нагрева проводов и кабелей, температуры окружающей среды, вида графиков нагрузки, а также загрузки электрооборудования.

В своих проведенных исследованиях Е.И. Грачева, О.В. Наумов, А.Н. Горлов, З.М. Шакурова [3] разработали алгоритмы для оценки параметров эффективности функционирования систем внутривозовского электроснабжения, используя вероятностные характеристики электрооборудования. Предлагаемые алгоритмы и модели позволяют проводить оценку качества и надежности работы таких систем.

П.В. Илюшин, А.М. Тыквинский [4] провели анализ электромеханических переходных процессов, вызванных аварийными дефицитами мощности, в изолированных энергосистемах с промышленными потребителями и разной структурой генерирующих мощностей. А.С. Semenov, М.Н., Semenova, Y.V. Bebikhov [5] в своем исследовании представили выводы о корректности разработанной универсальной математической модели и о возможности ее использования при проектировании новых и реконструкции действующих систем электроснабжения промышленных предприятий.

Авторами А.В. Кочкиной, А.В. Малафеевым, Д.Е. Варгановым, Н.А. Куриловой, И.А. Дубиной [6] рассмотрены вопросы оптимизации режимов промышленных систем электроснабжения с собственными источниками электрической энергии. При этом предлагается использовать оригинальное программное обеспечения «КАТ-РАН 7.0», позволяющее определять оптимальные загрузки турбогенераторов электростанций. В работе А.В. Малафеева, А.В. Хламовой, В.А.

Игуменцева [7] рассмотрены вопросы оптимизации загрузки генераторов собственных электростанций промышленных предприятий. Сирийским ученым Кассемом

Якзаном [8] представлена разработка рекомендаций по формированию и развитию систем менеджмента качества (СМК) на промышленных предприятиях Сирии. Валид Омар Баша Мохамед [9] представил исследование технико-экономического применения симметрирующих устройств на промышленных предприятиях Сирии.

Gracheva E., Gorlov A., Alimova A. в своей работе [10] выявили особенности построения систем электроснабжения промышленных предприятий. Авторами исследована топология схем внутризаводского электроснабжения и проведена оценка их эффективности функционирования. Учеными Матрениным П.В., Манусовым В.З., Третьяковой Е.С. [11] разработана математическая модель одной секции системы электроснабжения промышленного предприятия г. Ангарска и предложена формализованная постановка многокритериальной оптимизационной задачи.

Ученым Нукари Рафатом Ваелем [12] проведен анализ состояния предприятий текстильной промышленности Сирийской Арабской Республики до 2011 года и в послевоенный период.

В своей работе Малафеев А.В. [13] выявил возможности повышения эффективности управления режимами систем электроснабжения промышленных предприятий, имеющих собственные электростанции за счёт оптимизации эксплуатационных режимов, а И. А. Герасимовым [14] исследовано качество функционирования экономического механизма энергоснабжения промышленного предприятия. Предложены критерии и методы оптимизации данного механизма.

М.Ю. Гуляевым [15] на примере промышленного предприятия проведены анализ и исследование с определением комплекса мер, направленных на оптимизацию затрат предприятия на электроснабжение.

Ю.И. Солуяновым и др. учеными [16] исследованы нормативные значения удельных нагрузок многоквартирных домов. В своих работах [17-18] Ю.И. Солуянов и коллективом авторов проанализированы и смоделированы фактические удельные нагрузки жилищно-бытового сектора.

Научной и практической значимостью предлагаемой статьи является оптимизация системы электроснабжения промышленных объектов г. Адра, что позволяет повысить эффективность использования расходов электроэнергии.

Отличия представленной работы от результатов других исследований, заключаются в том, что впервые в г. Адра-Сирия исследованы режимы электропотребления промышленных, общественно-административных и жилищно-бытовых электропотребителей, а также проведен анализ состояния системы электроснабжения промышленной зоны, показана необходимость в целенаправленной деятельности по внедрению мероприятий по улучшению качества электроснабжения.

#### ***Материалы и методы (Materials and methods)***

##### ***Анализ системы электроснабжения.***

Электроснабжение промышленной зоны г. Адра осуществляется на напряжении 11 кВ и 0,4 кВ от подстанции «Кабун-1», на которой установлены 2 трансформатора мощностью 20 000 кВА и напряжением 33/11 кВ и 2 трансформатора мощностью 10 000 кВА напряжением 33/0,4 кВ. Основным потребителем электроэнергии является прядильно-ткацкая фабрика, режим работы которой – двухсменный.

Максимальная нагрузка фабрики составляет 28 000 кВА, на фабрике установлены 36 трансформаторов с  $S_{ном-т}=1000$  кВА. Фабрика получает питание от подстанции «Кабун-1» по кабельным линиям на  $U=11$  кВ, присоединенным к распределительной подстанции фабрики. В новом секторе промышленного района находятся механическая мастерская и завод по производству соков (режим работы односменный); которые питаются по кабельным линиям напряжением  $U=11$  кВ. Насосные станции питаются на  $U=0,4$  кВ.

Принципиальная схема электроснабжения показана на рисунке 1 – от подстанции «Кабун-1» отходят линии  $U=11$  кВ, питающие подстанции фабрики и распределительные пункты Нового сектора г. Адра. Линии 11 кВ проложены до ТП 11/0,4 кВ. Распределительные сети 11 и 0,4 кВ – радиально-магистральные. Ряд потребителей коммунально-бытового сектора получает питание на  $U=0,4$  кВ от подстанции «Кабун-1».

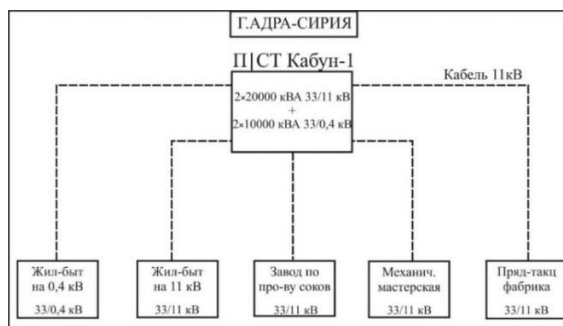


Рис.1. Принципиальная схема электроснабжения г. Адра *Fig.1. Diagram of power supply of Adra*

Для исследования режимов электропотребления были измерены параметры режима - токи и напряжения присоединений подстанции «Кабун-1» 11 кВ и 0,4 кВ за сутки. Затем была проведена обработка результатов измерений, которая показала величины средних получасовых значений тока и напряжения по каждому присоединению. Далее были рассчитаны значения полной мощности получасовых графиков [16]. При этом установлено, что суммарный график подстанции «Кабун-1» содержит следующие максимумы- утренний с 8:00 до 9:00 около 51 000 кВА и вечерний с 18:00 до 21 около 61 000 кВА. Снижение нагрузки до 32 000 кВА наблюдается с 14:00 до 16:00.

### Результаты (Results)

Параметры графиков нагрузок электропотребителей.

Для исследования режимов электропотребления использованы следующие параметры графиков нагрузки (рис.2) :

1. Среднее значение полной мощности нагрузки  $S_{\text{сред}}$
2. Максимальное значение полной мощности нагрузки  $S_{\text{макс}}$ .
3. Эффективное значение мощности нагрузки  $S_{\text{эффектив}}$ .

$$S_{\text{эффектив}} = \sqrt{\frac{S_1^2 t_1 + S_2^2 t_2 + S_3^2 t_3}{t_1 + t_2 + t_3}} \quad (1)$$

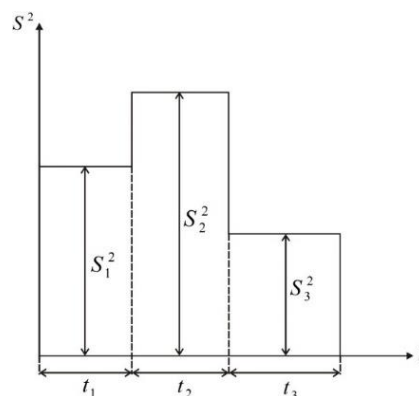


Рис.2. Схема определения эффективного значения мощности  $S_{\text{эффектив}}$  *Fig. 2. Power Efficiency Diagram*

4. Среднеквадратическое отклонение полной мощности нагрузки СКО –  $\sigma_{\text{Снг}}$
5. Значение вариации нагрузки

$$\gamma_{\text{Снг}} = \frac{\sigma_{\text{Снг}}}{S_{\text{сред}}} \quad (2)$$

6. Коэффициент заполнения графика нагрузки

$$K_{\text{заполн}} = \frac{S_{\text{сред}}}{S_{\text{макс}}} \quad (3)$$

Расчёты проведены с помощью программы «EXCEL» результаты приведены в таблицах 1-5 и показаны на рисунках 3 и 4. В таблице 1 представлены значения статистических показателей суммарных графиков нагрузки электропотребителей подстанции «Кабун-1», а в таблице 2 – выделены статистические данные графиков суммарной полной мощности электропотребителей трансформаторов напряжением 33/11 кВ.

На рисунке 3 показаны графики суммарной нагрузки трансформаторов 33/11 кВ, графики прядильно- ткацкой фабрики и жилищно-бытовых потребителей, питающихся на  $U = 11$  кВ, которые показывают неравномерность режимов электропотребления.

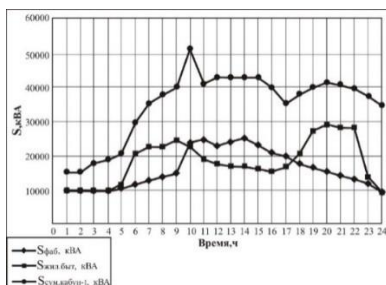


Рис.3. Графики суммарной полной мощности нагрузки п|ст «Кабун-1» Fig.3. Graphs of total full load capacity n|st «Kabun-1»

Таблица.1

Значения статистических показателей суммарных графиков электропотребителей подстанции «Кабун-1»

Электропотребитель	п/ст «Кабун-1» сум	Пряд-ткац фабрика	Механич. мастерская	Завод по про-ву соков	Жил-быт на 11 кВ	Жил-быт на 0,4 кВ
Сред, кВА	35 440	15 600	450	900	16 400	3 600
Смакс,кВА	51 000	26 300	1 100	1 800	28 000	6 000
Интервал максимума(τ)	8 и 13	13(9-15)	8-12	9-11	18-21	8(7-9) и 19 (19-21)
Кзаполн	0,695	0,593	0,409	0,5	0,585	0,60
σ <sub>нп</sub> , кВА	11 500	6 700	440	570	6 600	1 450
Сэффektiv, кВА	36 700	17 640	720	570	18 700	3900
γ <sub>нп</sub>	0,325	0,429	0,978	0,633	0,402	0,403

На рисунке 4 показаны графики нагрузки жилищно-бытовых потребителей, питающихся от трансформаторов напряжением 33/11 кВ, для которых также характерны неравномерные режимы электропотребления.

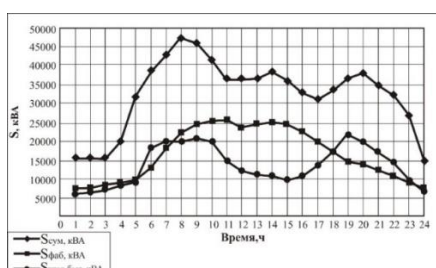


Рис.4. Исходные графики полных мощностей нагрузок трансформаторов 33/11 кВ подстанции «Кабун-1», прядильно-ткацкой фабрики и Нового сектора промышленной зоны Fig.4. Initial charts of full load capacity of transformers 33/11 kV substation «Kabun-1», spinning and weaving factory and New sector of industrial zone

На рисунке 5 приведены графики нагрузки жилищно-бытовых потребителей, питающихся от трансформаторов напряжением 11/0,4 кВ.

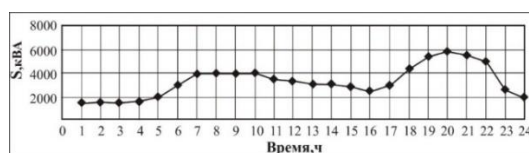


Рис.5. Графики полной мощности трансформаторов 11/0,4 кВ подстанции «Кабун-1» – нагрузка жилищно-бытовых потребителей Fig.5. Graphs of full capacity of transformers 11/0.4 kV of substation «Kabun-1» - load of household consumers

На рисунке 6 показаны графики нагрузок механической мастерской и завода по производству соков, питающихся от трансформаторов 33/11 кВ, которые характеризуются наличием резких максимумов и минимумов потребления электроэнергии.

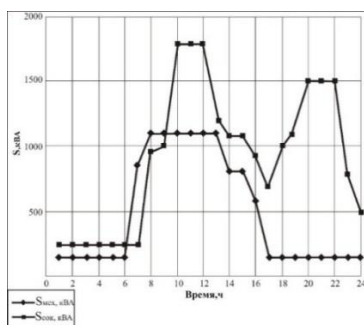


Рис. 6. Графики полной мощности - нагрузка механической мастерской и завода по производству соков - питающихся от трансформаторов 33/11 кВ

Fig. 6. Full power graphs - load of mechanical workshop and plant for production of juices - fed from transformers 33/11 kV

Таблица 2

Статистические данные (параметры) графиков суммарной полной мощности электропотребителей трансформаторов напряжением 33/11 кВ подстанции «Кабун-1»

Электропотребитель	Тра-ры «Кабун-1» сум 11 кВ	Пряд-ткац фабрика	Механич. мастерская	Завод по про-ву соков	Жил-быт на 11 кВ	Жил-быт на 0,4 кВ
Сред, кВА	31 200	15 600	460	900	14 400	13 100
Смакс, кВА	47 000	26300	1 100	1 800	23 000	21 500
Интервал максимума(τ)	8	13(9-15)	8(7-9) 19(19-21)	8-12	9-11	18-21
Кзаполн	0,664	0,593	0,418	0,5	0,626	0,609
ε <sub>Снг</sub> , кВА	10 700	6 700	450	570	5 700	5 400
Σэффектив, кВА	34 314	17 640	720	1 070	14 580	13 670
γ <sub>Снг</sub>	0,342	0,429	0,97	0,633	0,396	0,412

В таблицах 3 и 4 представлен сравнительный анализ суммарной полной мощности нагрузок электропотребителей подстанции «Кабун-1», а в таблице 5 приведены результаты расчетов значений коэффициентов корреляции мощности нагрузок.

Таблица.3.

Статистические данные графиков суммарной полной мощности (в процентах от суммарной нагрузки) электропотребителей подстанции «Кабун-1»

Электропотребитель	п/ст «Кабун-1» сум	Пряд-ткац фабрика	Механич. мастерская	Завод по про-ву соков	Жил-быт на 11 кВ	Жил-быт на 0,4 кВ
Сред, %	100%	44%	1,27%	2,54%	46,27%	10,16%
Смакс, %	100%	51,57%	2,16%	3,53%	52,94%	11,37%

Таблица.4.

Статистические данные графиков суммарной полной мощности (в процентах от суммарной нагрузки) электропотребителей трансформаторов напряжением 33/11 подстанции «Кабун-1»

Электропотребитель	п/ст «Кабун-1» сум 11 кВ	Пряд-ткац фабрика	Механич. мастерская	Завод по про-ву соков	Жил-быт на 11 кВ	Жил-быт на 0,4 кВ
Сред, %	100%	50%	1,47%	2,88%	46,15%	41,98%
Смакс, %	100%	55,96%	2,34%	38,29%	48,94%	45,75%

Вариация мощности нагрузок фабрики и завода принимается равной  $0,30 \div 0,40$ , а для механической мастерской -1,10. Взаимосвязь статистических показателей зависит от коэффициента корреляции между отдельными параметрами рассматриваемых случайных величин. Коэффициент корреляции  $R_{kj}$  между параметрами величин  $S_k$  и  $S_j$  вычисляется по выражению (4):

$$R_{kj} = \frac{A_{kj}}{\sigma_k \sigma_j} \quad (4)$$

где:  $A_{kj}$  - момент корреляции случайных величин  $S_k$  и  $S_j$ .

$\sigma_k, \sigma_j$  - значение среднеквадратических отклонений данных случайных величин

Значения коэффициентов корреляции между нагрузками промышленных электропотребителей (табл.5) положительные и равные 0,50-0,60, что показывает значительную статистическую взаимосвязь между мощностями нагрузки присоединений.

Таблица 5

Значения коэффициентов корреляции мощности нагрузок промышленных электропотребителей с 7 до 11 ч.

	Пряд-ткац фабрика	Механич. мастерская	Завод по про-ву соков
Пряд-ткац фабрика	1,0	0,50	0,60
Механич. мастерская	-----	1,0	0,40
Завод по про-ву соков	-----	-----	1,0

Для трансформаторов напряжением 33/11 кВ и номинальной мощностью 2х20 000 кВА наблюдается максимум мощности, потребляемой нагрузками с 8.00 до 9.00 примерно 47 500 кВА, с 18.00 до 21.00 мощность нагрузки составляет примерно 37 500 кВА. Следовательно, перегрузка данных трансформаторов составляет около 18% в интервале утреннего максимума. От трансформаторов 2х20 000 кВА питаются, в основном, промышленные объекты (свыше 62 % мощности суммарной нагрузки во время утреннего максимума).

Для трансформаторов напряжением 33/0,4 и суммарной номинальной мощностью 20 000 кВА утренний максимум потребляемой мощности нагрузками наблюдается с 8.00 до 9.00 и составляет около 4 500 кВА, а вечерний максимум – с 19.00 до 21.00 – составляет примерно 6 500 кВА. От данных трансформаторов питаются жилищно-бытовые, в основном, потребители (свыше 82 % мощности суммарной нагрузки).

Нагрузки электропотребителей нового сектора промышленного района г.Адра (табл.6).

Таблица 6

Электропотребители нового сектора промышленного района г.Адра

№	Электропотребители	Количество.	Единицы измерения, мера
1	Жилой комплекс	164000	Житель
2	Предприятия общепита	29	29 мест
3	Магазины продовольственных товаров	224	21 м2
4	Магазины промышленных товаров	154	31 м2
5	Школы	12	495 учеников
6	Кинотеатры	11	110 мест
7	Салоны парикмахерских	9	4 раб.мест
8	Пошивочные ателье	8	4 раб.мест
9	Мастерская ремонта электроприборов и телевизоров.	10	11 раб.мест
10	Медицинский факультет университета	1	98 студентов
11	Поликлиника	4	190 посещений
12	Управление администрация района	3	250 м2
13	Химчистка и прачечная	6	230 кг.вещей
14	Автозаправочная станция	5	
15	Станции насосные водоснабжение	6	

Новый сектор Промышленного района г. Адра включает жилые помещения и малоэтажные здания, а также промышленные объекты небольшой мощности. В таблицах 7 и 8 представлены расчётные величины активной и полной мощности электропотребителей Нового сектора г. Адра. Установлены величина суммарной активной мощности нагрузки жилых потребителей вечернего максимума, которая составляет 31160 кВт, а величина суммарной полной мощности вечернего максимума составила 33 920 кВА. (табл.8). При этом величина суммарной реактивной мощности нагрузки вечернего максимума равна 21 464 кВАр.

Таблица 7

Расчётная активная мощность нагрузок электропотребителей Нового сектора г. Адра.

№	Электропотребителей из таблицы 2.6	Общее число единиц	Величина Удельной нагрузки	Расчётная активная мощность нагрузки кВт
1	Жилые дома	164000 жителям	0,190 кВт/чел	164000×0,190=31160
2	Предприятия общепита	29×29=841 мест	0,90 кВт/ мест	757
3	Магазины продовольственных товаров	224×21=4704 м2	0,20 кВт/ м2	941
4	Магазины промышленных товаров	154×31=4774 м2	0,120 кВт/ м2	573
5	Школы	12×495=5940 учащихся	0,150 кВт/ учащихся	891
6	Кинотеатры	11×110=1210 мест	0,120 кВт/ мест	145
7	Салоны парикмахерских	9×4=36 раб.мест	1,30 кВт/ раб.мест	47
8	Пошивочные ателье	8×6=48 раб.мест	1,50 кВт/ раб.мест	72
9	Мастерская ремонта электроприборов и телевизоров.	11×10=110 раб.мест	4,50 кВт/ раб.мест	495
10	Медицинский факультет университета	98 студентов	0,40 кВт/студента	39
11	Поликлиника	4×190=760 посещений	0,150 кВт/ посещений	114
12	Управление администрация района	3×250=750 м2	0,30 кВт/ м2	225
13	Химчистка и прачечная	6×230=1380 кг.вещей	0,066 кВт/ кг	91
14	Автозаправочная станция	5		25
15	Станции насосные водоснабжение	6		480

Таблица 8

Значения полной мощности нагрузки электропотребителей нового сектора г.Адра

№	Электропотребители	Активная мощность нагрузки кВт	Значение коэффициента активной мощности / значение коэффициента реактивной мощности	Полная мощность нагрузки кВА
1	Жилые дома	164000×0,190=31160	0,93/0,40	33 920
2	Предприятия общепита	757	0,95/0,33	801
3	Магазины продовольственных товаров	941	0,82/0,70	1237
4	Магазины промышленных товаров	573	0,92/0,44	635
5	Школы	891	0,92/0,44	988
6	Кинотеатры	145	0,95/0,33	154
7	Салоны парикмахерских	47	0,97/0,25	48
8	Пошивочные ателье	72	0,90/0,50	82
9	Мастерская ремонта электроприборов и телевизоров.	495	0,80/0,85	722
10	Медицинский факультет университета	39	0,85/0,66	50
11	Поликлиника	114	0,97/0,25	118
12	Управление администрация района	225	0,90/0,48	255
13	Химчистка и прачечная	91	0,80/0,75	125
14	Автозаправочная станция	25	0,80/0,75	34
15	Станции насосные водоснабжение	480	0,80/0,75	658
	Суммарное значение.	36 055		39 827



### Обсуждение (Discussions)

Выявлены величина суммарной активной мощности нагрузки общественно-административных и жилищно-бытовых электропотребителей утреннего максимума, которая составила 4900 кВт, а величина суммарной полной мощности нагрузки утреннего максимума равна 5198,16 кВА (табл.7). В расчетах значение коэффициента активной мощности нагрузок общественно-административных и жилищно-бытовых электропотребителей утреннего максимума  $\cos\phi$  принято равным 0,88, а значение коэффициента реактивной мощности нагрузок общественно-административных и жилищно-бытовых электропотребителей утреннего максимума  $\tan\phi$  принято равным 0,57.

Установлено значение суммарной реактивной мощности нагрузки общественно-административных и жилищно-бытовых электропотребителей утреннего максимума, которое равно 2790 кВАр.

Вычислим значение полной расчётной максимальной нагрузки жилищно-бытовых и административно-общественных электропотребителей Нового сектора г.Адра с учётом коэффициента одновременности максимума  $K_{од} = 0,86$ .

$$\left. \begin{aligned} S_{расч} &= S_{макс-суммар} \cdot K_{од} \\ S_{расч} &= 39827 \times 0,86 = 34251,2 \text{ кВА} \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

Следовательно, расчетная мощность нагрузок жилищно-бытовых электропотребителей 34250,22 кВА и экспериментальная максимальная мощность, равная 34000 кВА- (таблица) совпадают.

На рисунке 7 показан график полной мощности нагрузки электропотребителей Нового сектора г. Адра.

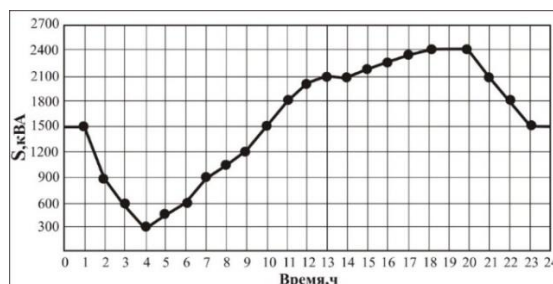


Рис.7. График полной мощности нагрузки электропотребителей Нового сектора г.Адра

Fig.7. Schedule of full load capacity of electric consumers of the New Sector of Adra

### Заключение (Conclusions)

1. Проведено исследование параметров графиков нагрузки электропотребителей, питающихся от подстанции «Кабун-1» г. Адра с использованием статистических данных.

2. Выявлено, что наиболее эффективным для выравнивания графика суммарной мощности нагрузок подстанции «Кабун-1» является внедрение мероприятий с электропотребителями прядильно-ткацкой фабрики, доля которых наиболее значительна в величине суммарной мощности нагрузки г. Адра.

3. Установлено, что для мощности нагрузок промышленных электропотребителей характерна существенная положительная корреляционная зависимость, что показывает значительную вариацию суммарной мощности нагрузок и значительный разброс величины максимальной и средней мощности нагрузки.

4. Выявлена возможность регулирования максимальной суммарной мощности нагрузок, так как установлено имеющееся смещение периодов начала работы ряда электропотребителей прядильно-ткацкой фабрики, механической мастерской и завода по производству соков.

### Литература

1. Абдуллазянов Э.Ю., Грачева Е.И., Альзаккар А., Низамиев М.Ф., Шумихина О.А., Valtchev S. Прогнозирование и анализ электропотребления и потерь электроэнергии на промышленных объектах // Известия высших учебных заведений. ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ. 2022. Т.24. № 6. С. 3-12. DOI:10.30724/1998-9903-2022-24-6-3-12.

2. Грачева Е.И., Алимова А.Н. Возможные погрешности расчетов потерь электроэнергии в цеховых промышленных сетях // Известия высших учебных заведений.

ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ. 2018. Т. 20. № 11-12. С. 81-92. DOI:10.30724/1998-9903-2018-20-11-12-81-92.

3. Грачева Е.И., Наумов О.В., Горлов А.Н., Шакурова З.М. Алгоритмы и вероятностные модели параметров функционирования внутризаводского электроснабжения // Известия высших учебных заведений. ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ. 2021. Т. 23. № 1. С. 93-104. doi:10.30724/1998-9903-2021-23-1-93-104.

4. Илюшин П.В., Тыквинский А.М. Особенности обеспечения надёжного электроснабжения промышленных потребителей в изолированных энергосистемах // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2019. Т. 11. № 1(41). С. 39-50. EDN ECDDJL.

5. Semenov A.S., Semenova M.N., Bebikhov Y.V. Development of universal mathematical model of electrical power supply system of area of industrial enterprise // International Russian Automation Conference (RusAutoCon), IEEE, 2019. P. 1-5. DOI: 10.1109/RUSAUTOCON.2019.8867704.

6. Кочкина А.В., Малафеев А.В., Варганов Д.Е., Курилова Н.А., Дубина И.А., Методика оптимизации эксплуатационных режимов промышленных систем электроснабжения // ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И КОМПЛЕКСЫ, №3(24). 2014. С. 50-53.

7. Малафеев А.В., Игуменцев В.А., Хламова А.В. Алгоритм оптимизации распределения активной мощности между электростанциями промышленного предприятия и узлами связи с энергосистемой с учетом потерь в распределительной сети // Промышленная энергетика. 2011. № 9. С. 16-21. EDN OGHOPN.

8. Кассем Якзан. Формирование и развитие систем менеджмента качества на промышленных предприятиях (на примере швейной и текстильной отраслей Сирии). Диссертации на соискание ученой степени кандидата экономических наук. Санкт-Петербург, 2004. Доступно по: [http://new-dissert.ru/\\_avtoreferats/01002769997.pdf](http://new-dissert.ru/_avtoreferats/01002769997.pdf). Ссылка активна на 10 ноября 2004.

9. Валид Омар Баша Мохамед. Технично-экономическое обоснование применения симметрирующих устройств в условиях промышленных предприятий Сирии. Диссертации на соискание ученой степени кандидата экономических наук. Москва, 1984. Доступно по: <https://search.rsl.ru/ru/record/01004025821?ysclid=lcslz375iz813393244>. Ссылка активна на 22 Мая 2007.

10. Gracheva E., Gorlov A., Alimova A. Features of Structure of Electric Supply Systems of Industrial Enterprises // International Conference on Control Systems, Mathematical Modeling, Automation and Energy Efficiency (SUMMA). IEEE, 2020. P. 910-913. DOI: 10.1109/SUMMA50634.2020.9280798.

11. Матренин П.В., Манусов В. З., Третьякова Е. С. Оптимизация распределения источников реактивной мощности в системах электроснабжения предприятий с использованием роевых алгоритмов // Электроэнергетика глазами молодежи: труды VI международной научно-технической конференции, Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина, 2015. С. 139-142. EDN VJZTIR.

12. Нукари Р.В., Бондарчук М. М. Анализ состояния текстильной отрасли в Сирийской Арабской Республике // Научные исследования. 2016. № 5(6). С. 18-20. EDN WDFLXX.

13. Малафеев А.В. Оптимизация эксплуатационных режимов систем электроснабжения промышленных предприятий с собственными источниками электроэнергии. Диссертации на соискание ученой степени кандидата экономических наук. Магнитогорск, 2004. Доступно по: [https://new-dissert.ru/\\_avtoreferats/01002624310.pdf](https://new-dissert.ru/_avtoreferats/01002624310.pdf). Ссылка активна на 13 Мая 2004.

14. Герасимов И.А. Критерии оптимизации механизма энергоснабжения предприятия // Эффективное антикризисное управление. 2013. № 1(76). С. 98-102. EDN PXFAXX.

15. Гуляев М.Ю. Оптимизация затрат на электроснабжение промышленных предприятий / М. Ю. Гуляев // Вестник магистратуры. 2015. № 5-1(44). С. 35-39. EDN TUUGLN.

16. Солуянов, Ю. И. Актуализация нормативных значений удельной электрической нагрузки многоквартирных домов в Республике Татарстан / Ю. И. Солуянов, А. И. Федотов, Ю. Я. Галицкий [и др.] // Электричество. 2021. № 6. С. 62-71. doi 10.24160/0013-5380-2021-6-62-71. EDN RRSRRX.

17. Солуянов, Ю. И. Анализ фактических электрических нагрузок помещений общественного назначения, встроенных в жилые здания / Ю. И. Солуянов, А. И. Федотов, А. Р. Ахметшин, В. И. Солуянов // Известия высших учебных заведений. Проблемы

энергетики. 2021. Т. 23. № 6. С. 134-147. doi 10.30724/1998-9903-2021-23-6-134-147. – EDN MBYUSE.

18. Солуянов, Ю. И. Исследование электрических нагрузок многоквартирных жилых комплексов в период распространения новой коронавирусной инфекции / Ю. И. Солуянов, А. И. Федотов, А. Р. Ахметшин, В. И. Солуянов // Вопросы электротехнологии. 2021. № 2(31). С. 57-67. EDN OOUAON.

#### Авторы публикации

**Абдуллазянов Эдвард Юнусович** – канд.техн.наук., ректор Казанского государственного энергетического университета.

**Грачева Елена Ивановна** – д-р. техн. наук, профессор кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий», Казанский государственный энергетический университет.

**Ахмад М-Насер Альзаккар** – аспирант, Казанский государственный энергетический университет.

#### References

1. Abdullazyanov EY, Gracheva EI, Alzakkar A, et al. Prediction and analysis of power consumption and power loss at industrial facilities. *Power engineering: research, equipment, technology*. 2022;24(6):3-12. doi:10.30724/1998-9903-2022-24-6-3-12.

2. Gracheva EI, Alimova AN. Possible errors of calculations of losses of the electric power on shop industrial networks. *Proceedings of the higher educational institutions. ENERGY SECTOR PROBLEMS*. 2018;20(11-12):81-92. doi:10.30724/1998-9903-2018-20-11-12-81-92.

3. Gracheva EI, Naumov OV, Gorlov AN, et al. Algorithms and probabilistic models of parameters of operation of in-plant power supply. *Power engineering: research, equipment, technology*. 2021;23(1):93-104. doi:10.30724/1998-9903-2021-23-1-93-104.

4. Ilyushin PV, Tykvinsky AM. Reliable industrial power supply features in off-grid systems. *Vestnik Kazan State Power Engineering University*. 2019;11:1(41):39-50. – EDN ECDDJL.

5. Semenov AS, Semenova MN, Bebikhov YV. *Development of universal mathematical model of electrical power supply system of area of industrial enterprise*, International Russian Automation Conference (RusAutoCon), IEEE, 2019. P. 1-5. doi: 10.1109/RUSAUTOCON.2019.8867704.

6. Kochkina AV, Malafeev AV, Varganov DE, et al. *Optimization methodology of industrial electrical power systems operating condition*, ELECTRICAL SYSTEMS AND COMPLEXES, №3(24). 2014. Pp. 50-53.

7. Malafeev AV, Igumenshchev VA, Khlamova AV. Algoritm optimizatsii raspredeleniya aktivnoi moshchnosti mezhdru elektrostantsiyami promyshlennogo predpriyatiya i uzlami svyazi s energosistemoi s uchetom poter' v raspredelitel'noi seti. *Promyshlennaya energetika*. 2011;9:16-21. EDN OGHOPN.

8. Kassem Yakzan. *Formirovanie i razvitiye sistem menedzhmenta kachestva na promyshlennykh predpriyatiyakh (na primere shveinoi i tekstil'noi otraslei Sirii)*. Dissertatsii na soiskanie uchenoi stepeni kandidata ekonomicheskikh nauk. Sankt-Peterburg, 2004. Available at: [http://new-disser.ru/\\_avtoreferats/01002769997.pdf](http://new-disser.ru/_avtoreferats/01002769997.pdf). Accessed: 10 Nov 2004.

9. Valid Omar Basha Mokhamed. *Tekhniko-ekonomicheskoe obosnovanie primeneniya simmetriruyushchikh ustroystv v usloviyakh promyshlennykh predpriyatii Sirii*. Dissertatsii na soiskanie uchenoi stepeni kandidata ekonomicheskikh nauk. Moskva, 1984. Available at: <https://search.rsl.ru/ru/record/01004025821?ysclid=lcslz375iz813393244>. Accessed: 22 May 2007.

10. Gracheva E, Gorlov A, Alimova A. *Features of Structure of Electric Supply Systems of Industrial Enterprises*. International Conference on Control Systems, Mathematical Modeling, Automation and Energy Efficiency (SUMMA). IEEE, 2020. P. 910-913. DOI: 10.1109/SUMMA50634.2020.9280798.

11. Matrenin P, Tretyakova E, Manusov V. *Optimizing the allocation of reactive power sources in power supply systems by Swarm Intelligence algorithms*. Electric power industry through the eyes of youth: Proceedings of the VI International Scientific and Technical Conference, Ivanovo State Power Engineering University. 2015. S. 139-142. EDN VJZTIR.

12. Nukari RV, Bondarchuk MM. *Analiz sostoyaniya tekstil'noi otrasli v Siriiskoi Arabskoi Respublike. Nauchnye issledovaniya*. 2016;5(6):18-20. EDN WDFLXX.
13. Malafeev AV. *Optimizatsiya ekspluatatsionnykh rezhimov sistem elektrosnabzheniya promyshlennykh predpriyatii s sobstvennymi istochnikami elektroenergii*. Dissertatsii na soiskanie uchenoi stepeni kandidata ekonomicheskikh nauk. Magnitogorsk, 2004. Available at: [https://new-disser.ru\\_avtoreferats/01002624310.pdf](https://new-disser.ru_avtoreferats/01002624310.pdf). Accessed: 13 May 2004.
14. Gerasimov IA. *Kriterii optimizatsii mekhanizma energosnabzheniya predpriyatiya, Effektivnoe antikrizisnoe upravlenie*. 2013;1(76):98-102. EDN PXFAXX.
15. Gulyaev MYu. *Optimizatsiya zatrat na elektrosnabzhenie promyshlennykh predpriyatii*, M. Yu. Gulyaev, *Vestnik magistratury*. 2015;5-1(44):35-39. EDN TUUGLN.
16. Soluyanov YuI. Aktualizatsiya normativnykh znachenii udel'noi elektricheskoi nagruzki mnogokvartirnykh domov v Respublike Tatarstan / YuI. Soluyanov, AI. Fedotov, YuYa. Galitskii [i dr.]. *Elektrichestvo*. 2021;6:62-71. DOI 10.24160/0013-5380-2021-6-62-71. – EDN RRSRRX.
17. Soluyanov YuI, Fedotov AI, Akhmetshin AR, Soluyanov VI. Analysis of the actual electrical loads of public premises embedded in residential buildings. *Power engineering: research, equipment, technology*. 2021;23(6):137-147. doi: 10.30724 / 1998-9903-2021-23-6-137-147.
18. Soluyanov YuI, Fedotov AI, Akhmetshin AR, Soluyanov VI. Analysis of electric loads in multi-apartment residential complexes during an outbreak of coronavirus disease, *Questions of electrical technology*. 2021;2 (31):57-67. – EDN OOUAOH.

#### **Authors of the publication**

**Edvard Yu. Abdullazyanov** – Kazan State Power Engineering University.

**Elena I. Gracheva** – Kazan State Power Engineering University.

**Ahmad Alzakkar** – Kazan State Power Engineering University.

<b>Получено</b>	<b>20.01.2023г.</b>
<b>Отредактировано</b>	<b>03.02.2023г.</b>
<b>Принято</b>	<b>03.02.2023г.</b>