

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

Институт энергетики и электротехники

Кафедра «Электроснабжение и электротехника»

13.04.02 Электроэнергетика и электротехника
(код и наименование направления подготовки, специальности)

Режимы работы электрических источников питания, подстанций, сетей и систем
(направленность (профиль))

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

на тему «Разработка проекта автономного источника питания Тольяттинского государственного университета»

Студент(ка)

Н.О. Мартынов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Научный

В.В. Вахнина

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

руководитель

Консультанты

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель программы д.т.н., профессор В.В. Вахнина

« ____ » _____ 2016 г.

Допустить к защите

Заведующий кафедрой д.т.н., профессор В.В. Вахнина

« ____ » _____ 2016 г.

Тольятти 2016

Содержание

Введение.....	3
1 Анализ проблем в сфере энергообеспечения Тольяттинского государственного университета.....	8
1.1 Характеристика существующего источника теплоснабжения Тольяттинского государственного университета.....	8
1.2 Конструктивные характеристики потребителей энергоресурсов.....	10
1.3 Теплотехнические характеристики зданий и систем отопления.....	16
1.4 Характеристика наружного климата в районе строительства.....	17
1.5 Характеристика параметров микроклимата в помещениях зданий.....	18
1.6 Выводы по разделу 1.....	19
2 Определение мощности автономного источника питания.....	20
2.1 Определение тепловой мощности автономного источника питания.....	20
2.2 Определение объемов потребления электроэнергии корпусами ТГУ.....	25
2.3 Выбор и обоснование места расположения автономного источника.....	57
2.4 Выбор и обоснование вида автономного источника питания.....	58
2.5 Гидравлический расчет тепловых сетей.....	61
2.6 Выводы по разделу 2.....	64
3 Технико-экономические показатели проекта.....	65
3.1 Выбор оборудования мини-котельной.....	65
3.2 Определение экономических показателей проекта.....	87
3.3 Выводы по разделу 3.....	93
Заключение.....	94
Список использованных источников.....	96

Введение

Проект автономного источника питания Тольяттинского государственного университета (ТГУ) разработан в соответствии с областной целевой программой развития малой энергетики в Самарской области на 2006-2015 годы, с учетом действующих нормативных документов в области строительства и малой энергетики [1-3,8,9,11]. Главная цель программы - начать реформу жилищно-коммунального хозяйства, изменить степень надежности инженерно – технической части энергооборудования, обеспечивающего тепловой и электрической энергией социально значимые объекты (больницы, детские дошкольные учреждения, жилые дома, и т.д.).

Сегодня в условиях коммунальной реформы и сложившихся цен, стремящихся к мировому уровню на исходное топливо, решение поставленной проблемы должно базироваться на использовании в энергетике новых энергосберегающих технологий [4-6]. Именно акцент на внедрение современных, экономичных технологий определяет новизну предлагаемого проекта по использованию мини-ТЭЦ для обеспечения электрической и тепловой энергией для комплекса зданий Тольяттинского государственного университета.

В современных условиях предприятия расходуют немалые средства на создание благоприятных климатических условий для работы людей и оборудования. Эту важную затратную составляющую, связанную с конкурентоспособностью выпускаемой продукции, можно свести к минимуму путем оптимизации структуры теплоснабжения [22,24,27,28].

Сегодня многие предприятия получают тепло от одного источника – от ТЭЦ, городской или собственной котельной. Тепло от ТЭЦ или городских котельных стоит дорого, а его качество оставляет желать лучшего [26-28].

Следует отметить, что в настоящее время отпуск тепла от тепловых электростанций за 20 лет сократился в полтора раза, а численность малых котельных за этот же период выросла на 20%. Власти долгое время

перекладывали часть стоимости за тепло на промышленных потребителей, сдерживая рост тарифа для населения. В связи с нехваткой финансирования ситуация в сетевом хозяйстве планомерно ухудшалась, большинство теплосетей уже давно практически исчерпали свой ресурс и требуют срочной модернизации. По данным Минэнерго, сегодня на ТЭЦ 25% энергетических котлов и 36% турбин имеют срок эксплуатации 30 лет, 23% котлов и 18% турбин – более 50 лет [26,27].

Также негативными факторами централизованного теплоснабжения являются тепловые сети, на которые приходится до 85% отказов системы теплоснабжения в целом (количество аварий в отопительный сезон 2013/2014 г.г. выросло в 1,7 раза по стране), тепловые потери составляют 20 – 30% при транспортировке вследствие высокой изношенности сетей, постоянно растущие тарифы, к тому же требуются дополнительные затраты на их обслуживание. В этой ситуации многие крупные потребители тепла уже перешли на строительство собственной тепловой генерации [20-24].

Среди объектов нового строительства большую долю занимают объекты теплогенерации, но с каждым годом появляется все больше запросов на когенераторные установки - технология комбинированной выработки энергии, так называемые мини-ТЭЦ. Новые технологии, современное оборудование, которого так не хватает крупным ТЭЦ, привлекают бизнес, позволяют заказчикам быть более независимыми в тепло- и электроснабжении, поэтому они и не боятся вкладывать деньги в создание собственных мощностей. Все чаще вопросы теплоснабжения решаются с помощью строительства собственных локальных объектов теплоснабжения [36-40]. Поэтому вопросы развития собственной генерации становятся все более актуальными.

С точки зрения бизнеса все выглядит довольно выгодно - не надо платить за подключение к сетям, создавать инфраструктуру, оплачивать в тарифе транспортировку тепла. Но если рассматривать энергетику в целом, то большая генерация от такого господства частных интересов сильно проигрывает.

В зоне действия большой генерации ей выгодно подключать новых и сохранять старых потребителей. Ведь чем меньше загружена ТЭЦ, тем большая нагрузка ложится на тариф. Когда ранее подключенный потребитель строит свой локальный источник и переключается на него, происходит рост затрат генерирующей и транспортных компаний за счет уменьшения отпущенной тепловой энергии в сеть, которые в дальнейшем вынуждены закладывать в рост тарифа выпадающие доходы. А если ранее не подключенный потребитель строит свой локальный источник, в этом случае не происходит возможного снижения роста тарифа генерирующей и транспортных компаний за счет увеличения дополнительного пропуска.

Блочно-модульные котельные в отличие от большой теплогенерации, где все подчинено разумной экономии, просто не могут производить более дешевое тепло; тариф альтернативной котельной выше, чем у ТЭЦ. Для большой генерации устанавливаются отдельные тарифы на тепло, учитывающие, что часть затрат относится на производство электричества, а следовательно, компенсируется из выручки электроэнергии. Однако необходимо учитывать транспортную составляющую, которая существенно меньше при локальном источнике, и сравнивать уже суммарные затраты на выработку и транспорт тепловой энергии. В результате энергокомпания фиксируют убытки от деятельности теплового сегмента, а потребители, в том числе и промышленные, недовольные соотношением стоимости и качества предоставляемых услуг, стремятся перейти на собственное теплообеспечение [26-29].

Важным фактором для потребителей все же являются требования технологичности и надежности теплоснабжения. Поэтому децентрализованные системы теплоснабжения активно развиваются, а в некоторых случаях рассматриваются как безальтернативные технические решения. По словам владельцев котельных, они имеют ряд преимуществ: современные технологии, снижение затрат на тепловые сети, лучшая адаптация системы теплоснабжения к условиям потребления энергии обслуживаемых объектов и т.д. Все это дает

стимул строить и развивать локальные источники энергоснабжения с применением более технологичных и эффективных условий.

Таким образом, внедрение энергоэффективных технологий, переход на системы децентрализованного теплоснабжения, использование энергосберегающего оборудования и, как следствие, оптимизация структуры теплоснабжения предприятия позволят достичь конечного результата – повышения конкурентоспособности выпускаемой продукции.

Как и во многих других муниципальных образованиях области, ситуация на рынке топливно-энергетических ресурсов городского округа Тольятти характеризуется острым дефицитом и неуклонным ростом тарифов на энергоносители, обострением проблем обеспеченности населения и промышленных потребителей топливом, электрической и тепловой энергией, реалиями амортизационного износа, выработкой ресурсов, моральным старением систем, агрегатов и сетей промышленного и жилищно-коммунального секторов экономики городского округа. В связи с этим требуется реформирование энергетического хозяйства городского округа путем внедрения новых, более эффективных энергосберегающих и самокупаемых технологий энергетического производства, совершенствование систем передачи и учета электрической и тепловой энергии.

На сегодняшний день в соответствии с концепцией «малой энергетики» в городах и населенных пунктах целесообразно строительство автономных источников питания в целях альтернативного обеспечения энергоносителями отдельных объектов тепло- и энергопотребления [3].

Автономный источник питания предназначен для независимой выработки тепловой (мини-котельная) либо тепловой и электрической (мини-ТЭЦ) энергии, потребляемой корпусами ТГУ, обеспечения надлежащего температурного режима теплоносителя в системах отопления и горячего водоснабжения в холодный период года и повышения надежности системы электроснабжения университета.

Для разработки проекта автономного источника питания Тольяттинского государственного университета необходимо:

- определить необходимую мощность источника в соответствии с проектным (расчетным) и фактическим потреблением тепловой и электрической энергии корпусами ТГУ;

- выбрать наиболее рациональное место расположения источника питания на территории университетского городка с учетом перспективы строительства дополнительных объектов ТГУ;

- произвести подбор оборудования (тип и исполнение мини-ТЭЦ, котельных агрегатов, приборов автоматизированной системы диспетчеризации и управления энергетическим оборудованием);

- определить общие финансовые затраты на организацию системы энергоснабжения от автономного источника питания.

Таким образом, целью исследования является разработка проекта автономного источника питания Тольяттинского государственного университета, предназначенного для независимой выработки тепловой (мини-котельная) либо тепловой и электрической (мини-ТЭЦ) энергии, потребляемой корпусами ТГУ.

Задачи исследования:

- анализ проблем в сфере энергообеспечения ТГУ;
- выбор и обоснование требуемой мощности, места расположения и вида автономного источника питания;

- определение технико-экономических показателей проектируемого автономного источника питания.

1 Анализ проблем в сфере энергообеспечения Тольяттинского государственного университета

1.1 Характеристика существующего источника теплоснабжения Тольяттинского государственного университета

Источником тепла корпусов Тольяттинского государственного университета является Тольяттинская городская ТЭЦ. Теплоносителем является горячая вода с расчетными параметрами:

на подающей магистрали $T_1=150^{\circ}\text{C}$;

на обратной магистрали $T_2=70^{\circ}\text{C}$.

Фактические параметры теплоносителя при расчетных условиях составляют:

на подающей магистрали $T_1=95-100^{\circ}\text{C}$;

на обратной магистрали $T_2=50^{\circ}\text{C}$.

Теплопроводы проложены по территории университета в непроходных каналах.

Таким образом, в настоящее время единственным источником питания теплоснабжения корпусов Тольяттинского государственного университета являются городские тепловые сети, которые имеют срок эксплуатации более 30 лет. Износ тепловых сетей составляет 50-60%. Потери тепла при эксплуатации таких сетей превышают нормативные показатели и достигают 30% от произведенной тепловой энергии, что в результате ведет к занижению параметров теплоносителя на вводе в здания-потребители. В свою очередь, несоответствие значений температур сетевой воды в системах отопления ведет к отклонению параметров внутреннего воздуха в помещениях корпусов Тольяттинского государственного университета от нормируемых значений.

Теплосеть построена в 1962-1965 г.г. и требует реконструкции и перекладки, т.к. срок эксплуатации существующих сетей подходит к концу. В результате эксплуатации в трубах появились отложения накипи, а

теплоизоляция труб потеряла свои свойства, что ведет к большим потерям тепла на территории университетского городка.

При снижении температуры сетевой воды и низкой температуре наружного воздуха также используются электроотопительные приборы, вследствие чего происходит значительный рост потребления электрической энергии, что приводит к перегрузкам и снижению надежности системы электроснабжения. Ремонт электрических сетей и электрооборудования осуществляется в аварийно-восстановительном режиме, планово-предупредительные работы энергетического хозяйства не проводятся в требуемом объеме, в том числе по причине недостаточной оснащенности муниципального энергохозяйства необходимой технической и ремонтной базой.

1.2 Конструктивные характеристики потребителей энергоресурсов

Рассмотрены конструктивные характеристики потребителей энергоресурсов корпусов университета [14,15].

Главный корпус

Здание предназначено для учебных целей и относится к категории общественных зданий. Здание четырехэтажное. Площадь здания 3719,09 м², высота этажа 3,6 м, оконные проемы имеют размеры 2,44x2,18 м. Конструкция заполнения световых проемов – двойное спаренное в деревянных переплетах. Стены выполнены из силикатного кирпича и покрыты сухой штукатуркой. Бесчердачное покрытие имеет следующие слои: железобетонная пустотная плита, пароизоляция (2 слоя рубероида), цементная стяжка, утеплитель – жесткие минераловатные плиты, водоизоляционный ковер (рубероид на мастике). Полы расположены на грунте.

Корпус «А»

Здание предназначено для учебных целей. Четырехэтажный корпус имеет пристрой. Площадь корпуса 2898м². Высота этажа 3,6 м, оконные проемы размером 2,44x2,18 м. Конструкция заполнения световых проемов – двойное спаренное в деревянных переплетах. Стены выполнены из силикатного кирпича и покрыты сухой штукатуркой. Бесчердачное покрытие выполнено из слоев: железобетонная пустотная плита, пароизоляция (2слоя рубероида), цементная стяжка, утеплитель – жесткие минераловатные плиты, водоизоляционный ковер (4 слоя рубероида). Полы расположены на грунте.

Лабораторный корпус

Корпус имеет производственное назначение (обслуживание и ремонт автомобилей). Здание одноэтажное. Площадь корпуса 1078,704 м². Высота здания 6,9м, оконные проемы размером 2,44x2,18 м. Конструкция заполнения световых проемов – двойное спаренное в деревянных переплетах. Стены

выполнены из силикатного кирпича и покрыты сухой штукатуркой. Бесчердачное покрытие имеет слои: железобетонная пустотная плита, пароизоляция, утеплитель – жесткие минераловатные плиты, цементная стяжка, водоизоляционный ковер. Полы расположены на грунте.

Корпус НИЧ

Корпус предназначен для лабораторных исследований. Здание пятиэтажное с техническим (6-м) этажом. Площадь корпуса 1170 м². Высота этажа 3,6 м, оконные проемы размером 2,12х1,82 м. Конструкция заполнения световых проемов – двойное раздельное в деревянных переплетах. Стены выполнены из силикатного кирпича и покрыты сухой штукатуркой. Бесчердачное покрытие имеет слои: железобетонная пустотная плита, пароизоляция, утеплитель – жесткие минераловатные плиты, цементная стяжка, водоизоляционный ковер. Полы расположены на грунте.

Учебно- спортивный корпус

Корпус относится к категории общественных зданий. Здание двухэтажное, площадь корпуса 1134 м². Высота первого этажа 3,0 м, второго 9,2 м. Оконные проемы имеют размеры: в спортивном зале 6,0х2,5 м в остальных помещениях 6,0х1,2 м. Конструкция заполнения световых проемов – двойное раздельное в металлических переплетах (в спортзале витражи). Стены выполнены из керамзитобетона, снаружи покрыты керамической плиткой, изнутри покрыты сухой штукатуркой. Бесчердачное покрытие имеет слои: железобетонная пустотная плита, пароизоляция, утеплитель – жесткие минераловатные плиты, цементная стяжка, водоизоляционный ковер. Полы расположены на грунте.

Столовая

Здание относится к категории зданий общественного питания. Двухэтажное. Площадь корпуса 1505 м². Высота первого этажа 3,6 м, второго

6,0 м. Оконные проемы размером 4,0x1,5 м. Конструкция заполнения световых проемов – двойное раздельное в деревянных переплетах. Стены выполнены из силикатного кирпича и покрыты снаружи и изнутри сухой штукатуркой. Бесчердачное покрытие имеет слои: железобетонная пустотная плита, пароизоляция, утеплитель – жесткие минераловатные плиты, цементная стяжка, водоизоляционный ковер. Полы расположены на грунте.

Корпус «Б»

Здание предназначено для учебных целей. Корпус четырехэтажный, имеет пристрой. Площадь корпуса 900 м². Высота первого этажа 3,6 м. Оконные проемы размером 2,12x1,82 м. Конструкция заполнения световых проемов – двойное раздельное в деревянных переплетах. Стены выполнены из силикатного кирпича и покрыты сухой штукатуркой. Бесчердачное покрытие имеет слои: железобетонная пустотная плита, пароизоляция, утеплитель – жесткие минераловатные маты, цементная стяжка, водоизоляционный ковер. Полы расположены на перекрытии техподполья.

Корпус «Д»

Здание имеет производственно-лабораторное значение. Корпус двухэтажный. Площадь корпуса 70 м². Высота первого этажа 6,9 м, второго 3,6 м. Оконные проемы размером 2,12x1,82 м. Конструкция заполнения световых проемов – двойное раздельное в деревянных переплетах. Стены выполнены из силикатного кирпича и покрыты сухой штукатуркой. Бесчердачное покрытие имеет слои: железобетонная пустотная плита, пароизоляция, утеплитель – жесткие минераловатные плиты, цементная стяжка, водоизоляционный ковер. Полы расположены на грунте.

Лаборатория сейсмических колебаний

Одноэтажный корпус имеет производственное назначение. Площадь здания 600 м². Высота здания 5,0 м. Оконные проемы размером 20,0x1,5 м.

Конструкция заполнения световых проемов – двойное раздельное в металлических переплетах. Бесчердачное покрытие имеет слои: железобетонная пустотная плита, пароизоляция, утеплитель – жесткие минераловатные плиты, цементная стяжка, водоизоляционный ковер. Стены выполнены из керамзитобетонных панелей, облицованных керамической плиткой и оштукатуренных изнутри сухой штукатуркой. Полы расположены на грунте.

Корпус «С»

Здание предназначено для учебных целей и относится к категории общественных зданий. Высота этажа 3,6 м, здание девятиэтажное. Площадь здания 1207 м². Оконные проемы размером 2,1x1,8 м. Конструкция заполнения световых проемов – двойное раздельное в деревянных переплетах. Бесчердачное покрытие имеет слои: железобетонная пустотная плита, пароизоляция, утеплитель – жесткие минераловатные плиты, цементная стяжка, водоизоляционный ковер. Стены выполнены из керамзитобетонных панелей, облицованных керамической плиткой. Изнутри стены покрыты сухой штукатуркой. Полы расположены на перекрытии подвала.

Корпус «Э»

Здание предназначено для учебных целей и относится к категории общественных зданий. Высота этажа 3,6 м, здание девятиэтажное с техническим этажом. Площадь здания 1207 м². Оконные проемы размером 2,1x1,8 м. Конструкция заполнения световых проемов – двойное раздельное в деревянных переплетах. Бесчердачное покрытие имеет слои: железобетонная пустотная плита, пароизоляция, утеплитель – жесткие минераловатные плиты, цементная стяжка, водоизоляционный ковер. Стены выполнены из керамзитобетонных панелей, облицованных керамической плиткой. Изнутри стены покрыты сухой штукатуркой. Полы расположены на перекрытии подвала.

Механические мастерские

Корпус имеет производственное назначение. Здание одноэтажное высотой 6,9 м. Площадь здания 1344 м². Оконные проемы размером 15,0x2,5 м. Конструкция заполнения световых проемов – двойное спаренное в металлических переплетах. Бесчердачное покрытие имеет слои: железобетонная пустотная плита, пароизоляция, утеплитель – жесткие минераловатные плиты, цементная стяжка, водоизоляционный ковер. Стены выполнены из керамзитобетона. Покрыты сухой штукатуркой. Полы расположены на грунте.

Корпус УЛК

Здание предназначено для учебных целей. Корпус девятиэтажный. Площадь корпуса 642 м². Высота первого этажа 3,6 м. Оконные проемы размером 2,12x1,82 м. Конструкция заполнения световых проемов – двойное раздельное в деревянных переплетах. Стены выполнены из керамзитобетонных панелей и силикатного кирпича. Бесчердачное покрытие имеет слои: железобетонная пустотная плита, пароизоляция, утеплитель – жесткие минераловатные маты, цементная стяжка, гидроизоляция (2слоя гидроизола).

Общежитие №1

Постройка относится к категории жилых зданий. Корпус пятиэтажный. Площадь составляет 900 м². Высота первого этажа 3,6 м. Оконные проемы размером 2,12x1,82 м. Конструкция заполнения световых проемов – двойное раздельное в деревянных переплетах. Стены выполнены из силикатного кирпича и покрыты сухой штукатуркой. Бесчердачное покрытие имеет слои: железобетонная пустотная плита, пароизоляция, утеплитель – жесткие минераловатные маты, цементная стяжка, водоизоляционный ковер. Полы расположены на перекрытии техподполья.

Общежитие №2

Постройка относится к категории жилых зданий. Корпус пятиэтажный. Площадь составляет 900 м². Высота первого этажа 3,6 м. Оконные проемы размером 2,12x1,82 м. Конструкция заполнения световых проемов – двойное раздельное в деревянных переплетах. Стены выполнены из силикатного кирпича и покрыты сухой штукатуркой. Бесчердачное покрытие имеет слои: железобетонная пустотная плита, пароизоляция, утеплитель – жесткие минераловатные маты, цементная стяжка, водоизоляционный ковер. Полы расположены на перекрытии техподполья.

1.3 Теплотехнические характеристики зданий и систем отопления

Теплотехнические характеристики зданий и систем отопления корпусов университета приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Теплотехнические характеристики зданий и систем отопления

№ п/п	Наименование здания	Удельная тепловая характеристика, Вт/м ² С	Тепловая мощность системы отопления			Расход сетевой воды, G _с , кг/ч	Расход циркуляционной воды, G _ц , кг/ч
			Q _p , кВт	Q _{соп}	1,07Q _p		
1	Главный корпус	0,274	640	345,14	684,8	7361,6	23557,1
2	Технологический корпус	0,338	460	248,07	492,2	4945	16931,7
3	Лабораторный корпус (СТО)	0,391	139,2	75,068	148,94	1601,1	5123,2
4	Корпус НИЧ	0,291	372,56	200,91	398,64	4285,4	13713,2
5	Учебно-спортивный корпус	0,423	280,72	151,39	300,37	3228,9	10332,7
6	Столовая	0,276	171,68	92,584	183,7	1974,4	6319,2
7	Корпус Д	0,448	278,62	150,25	298,12	3204,8	10255,4
8	Корпус Б	0,226	135,72	73,191	145,22	1561,1	4995,6
9	Лаборатория сейсмических колебаний	0,231	39,99	21,566	42,789	459,9	1471,9
10	Корпус С	0,375	703,42	379,34	752,66	8091,1	25891,6
11	Корпус Э	0,375	763,28	411,62	816,71	8779,6	28094,8
12	Механические мастерские	0,379	195,53	105,45	209,22	2249,1	7197,1
13	Корпус УЛК	0,375	578,15	311,79	618,62	7226,9	23343
14	Общежитие №1	0,391	286,1	154,29	306,13	3576,3	11444
15	Общежитие №2	0,391	286,1	154,29	306,13	3576,3	11444

1.4 Характеристика наружного климата в районе строительства

Характеристика наружного климата в районе строительства приведена в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Характеристика наружного климата*

Наименование величины	Условное обозначение	Размерность	Значение величины
1. Расчетная географическая широта	-	гр.с.ш.	52
2. Расчетное барометрическое давление	P_6	гПа	990
3. Средняя температура наружного воздуха при $k_{об}=0,92$:			
а) наиболее холодной пятидневки	$t_{х5}$	°С	-30
б) наиболее холодных суток	$t_{хс}$	°С	-36
в) наиболее холодного периода	$t_{х пер}$	°С	-18
г) отопительного периода	$t_{соп}$	°С	-5,2
д) абсолютная минимальная	$t_{a min}$	°С	-43
4. Продолжительность отопительного периода при среднесуточной температуре +8°С	$Z_{оп}$	сут.	203
5. Зона влажности наружного воздуха	В,Н,С	-	С
6. Условия эксплуатации в зоне влажности	А,Б	-	А
7. Среднемесячная относительная влажность воздуха	$\varphi_{нх}$	%	84
8. Скорость ветра, максимальная из средних скоростей по румбам за январь	$V_{хол}$	м/с	5,4

Примечание: * Климатические данные принимаются в соответствии со СП 131.13330.2012 Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99* (с Изменением № 2) [10].

1.5 Характеристика параметров микроклимата в помещениях зданий

Параметры микроклимата принимаются в соответствии с нормами ГОСТ 30494-96 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях», СНиП 2.08.02-89* «Общественные здания и сооружения» и СНиП 31-05-2003 «Общественные здания административного назначения» [7, 15]. Характеристика параметров микроклимата помещений зданий приведена в таблице 1.3.

Таблица 1.3 – Характеристика параметров микроклимата помещений зданий

№ п/п	Наименование здания	Параметры внутреннего микроклимата			
		Температура $t_{в}$, °С	Относительная влажность $\varphi_{в}$, %	Скорость движения воздуха, $v_{в}$ м/с	Влажностный режим
1	Главный корпус	20-22	45	0,2	норм
2	Технологический корпус	20-22	45	0,2	норм
3	Лабораторный корпус (СТО)	17-19	50	0,2	норм
4	Корпус НИЧ	18-20	50	0,2	норм
5	Учебно-спортивный корпус	17-19	50	0,2	норм
6	Столовая	17-19	50	0,2	норм
7	Корпус Д	20-22	45	0,2	норм
8	Корпус Б	17-19	50	0,2	норм
9	Лаборатория сейсмических колебаний	17-19	50	0,2	норм
10	Корпус С	20-22	45	0,2	норм
11	Корпус Э	20-22	45	0,2	норм
12	Механические мастерские	17-19	50	0,2	норм
13	Корпус УЛК	20-22	45	0,2	норм
14	Общежитие №1	20-22	45	0,2	норм
15	Общежитие №2	20-22	45	0,2	норм

1.6 Выводы по разделу 1

Выполнен анализ конструктивных характеристик потребителей энергоресурсов, анализ наружного климата и параметров микроклимата в помещениях зданий университета.

Показано, что в настоящее время единственным источником питания теплоснабжения корпусов Тольяттинского государственного университета являются городские тепловые сети, которые имеют срок эксплуатации более 30 лет. Износ тепловых сетей составляет 50-60%. Потери тепла при эксплуатации таких сетей превышают нормативные показатели и достигают 30% от произведенной тепловой энергии, что в результате ведет к занижению параметров теплоносителя на вводе в здания-потребители. В свою очередь, не соответствие значений температур сетевой воды в системах отопления ведет к отклонению параметров внутреннего воздуха в помещениях корпусов Тольяттинского государственного университета от нормируемых значений.

2 Выбор мощности, места расположения и вида источника автономного питания

2.1 Определение тепловой мощности автономного источника питания

Объемы потребляемой тепловой энергии корпусов ТГУ определены расчетом. Алгоритм расчета следующий [18].

1. Количество тепла, потребляемое системой отопления за отопительный период, вычисляется по формуле:

$$Q = 1.07 \cdot Q_{расч} \frac{t_в - t_{con}}{t_в - t_{x5}} \cdot 24 \cdot z_{оп}, кВт, \quad (2.1)$$

где $1,07Q_{расч}$ – мощность системы отопления здания, кВт;

$t_в$ – температура внутреннего воздуха, °С;

t_{con} – средняя за отопительный период температура наружного воздуха, °С;

t_{x5} – температура холодной пятидневки, °С;

$z_{оп}$ – продолжительность отопительного периода, сут.

Одним из наиболее рациональных способов экономии тепловой энергии является применение дифференцируемого отопления. В соответствии со СНиП 41-01-2003 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха» [13] в нерабочее время (когда помещение не используется) допускается переходить на дежурное отопление: в рабочее время с 7:00 час до 21:00 час система работает в расчетном режиме с температурой $t_в = 20^\circ\text{C}$, а в нерабочее время с 21:00 час до 7:00 час – в дежурном режиме с температурой $t_{деж} = 12^\circ\text{C}$.

2. Количество тепла, потребляемое в рабочем режиме за отопительный период, определяется по формуле:

$$Q_{раб} = 1.07 \cdot Q_{расч} \frac{t_в - t_{con}}{t_в - t_{x5}} \cdot 13 \cdot z_{оп} кВт. \quad (2.2)$$

3. Количество тепла, потребляемое в нерабочее время при дифференцируемом отоплении за отопительный период, определяется по формуле:

$$Q_{деж} = Q_{con} \frac{t_{деж} - t_{con}}{t_в - t_{con}} \cdot 11 \cdot z_{он}, кВт ; \quad (2.3)$$

$$Q_{con} = 1.07 \cdot Q_{расч} \frac{t_в - t_{con}}{t_в - t_{x5}}, кВт , \quad (2.4)$$

где $t_{деж}$ – температура внутреннего воздуха при дежурном режиме отопления, °С.

4. Общее количество тепла, потребляемое за отопительный период при дифференцированном отоплении, определяется по формуле:

$$Q_{диф} = Q_{раб} + Q_{деж}, кВт . \quad (2.5)$$

5. Стоимость потребления тепловой энергии при не дифференцируемом отоплении:

$$C = C_m \cdot Q, руб. \quad (2.6)$$

5. Стоимость потребления тепловой энергии при дифференцируемом отоплении:

$$C = C_{отепл} \cdot Q_{диф}, руб , \quad (2.7)$$

где $C_{отепл}$ – стоимость тепловой энергии (по данным бухгалтерии ТГУ) $C_T=394,7$ руб/МВт.

Результаты расчета сведены в таблицу 2.1. Рассчитанные объемы теплоснабжения корпусами ТГУ за отопительный период приведены на рисунке 2.1.

Таблица 2.1 –Показатели по расходу тепловой энергии корпусами ТГУ

№ п/п	Наименование здания	Расчетные теплопотери здания $Q_{расч}$, кВт	Без дифференциального отопления		С дифференциальным отоплением			
			Теплозатраты за отопительный период Q , кВт	Затраты за отопительный период C , руб	Теплозатраты за отопительный период при режиме:		Общие теплозатраты $Q_{диф}$, кВт	Затраты за отопительный период C , руб
					рабочем $Q_{раб}$, кВт	дежурном $Q_{деж}$, кВт		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Главный корпус	640	1681518,2	663695,2	910822,3	526030,5	1436852,8	567125,8
2	Технологический корпус	460	1208591,2	477030,9	654653,6	378084,4	1032738,0	407621,7
3	Лабораторный корпус (СТО)	139,2	365730,2	144353,7	198103,9	114411,6	312515,5	123349,9
4	Корпус НИЧ	372,56	978853,8	386353,6	530212,5	306215,5	836428,0	330138,1
5	Учебно-спортивный корпус	280,72	737555,9	291113,3	399509,5	230730,1	630239,6	248755,6
6	Столовая	171,68	451067,3	178036,2	244328,1	141107,7	385435,8	152131,5
7	Корпус Д	278,62	732038,4	288935,6	396520,8	229004,1	625524,9	246894,7
8	Корпус Б	135,72	356586,9	140744,9	193151,3	111551,3	304702,6	120266,1

Продолжение таблицы 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
9	Лаборатория сейсмических колебаний	39,99	105068,6	41470,6	56912,2	32868,7	89780,9	35436,5
10	Корпус С	703,42	1848146,1	729463,3	1001079,2	578156,8	1579236,0	623324,4
11	Корпус Э	763,28	2005420,6	791539,5	1086269,5	627357,1	1713626,6	676368,4
12	Механические мастерские	195,53	513730,1	202769,3	278270,5	160710,5	438981,0	173265,8
13	Корпус УЛК	578,15	1519016,7	599555,9	822800,7	475195,0	1297995,7	512318,9
Всего:		4,76	МВт					
Нагрузка на котельную с учетом тепловых потерь по трассе		5,1	МВт					
ИТОГО:								
Расчетные затраты			12503324,0	4935062,0			10684057,3	4216997,4
Действительные затраты на 2014 г по данным бухгалтерии ТГУ			24203460,5	9553105,9				

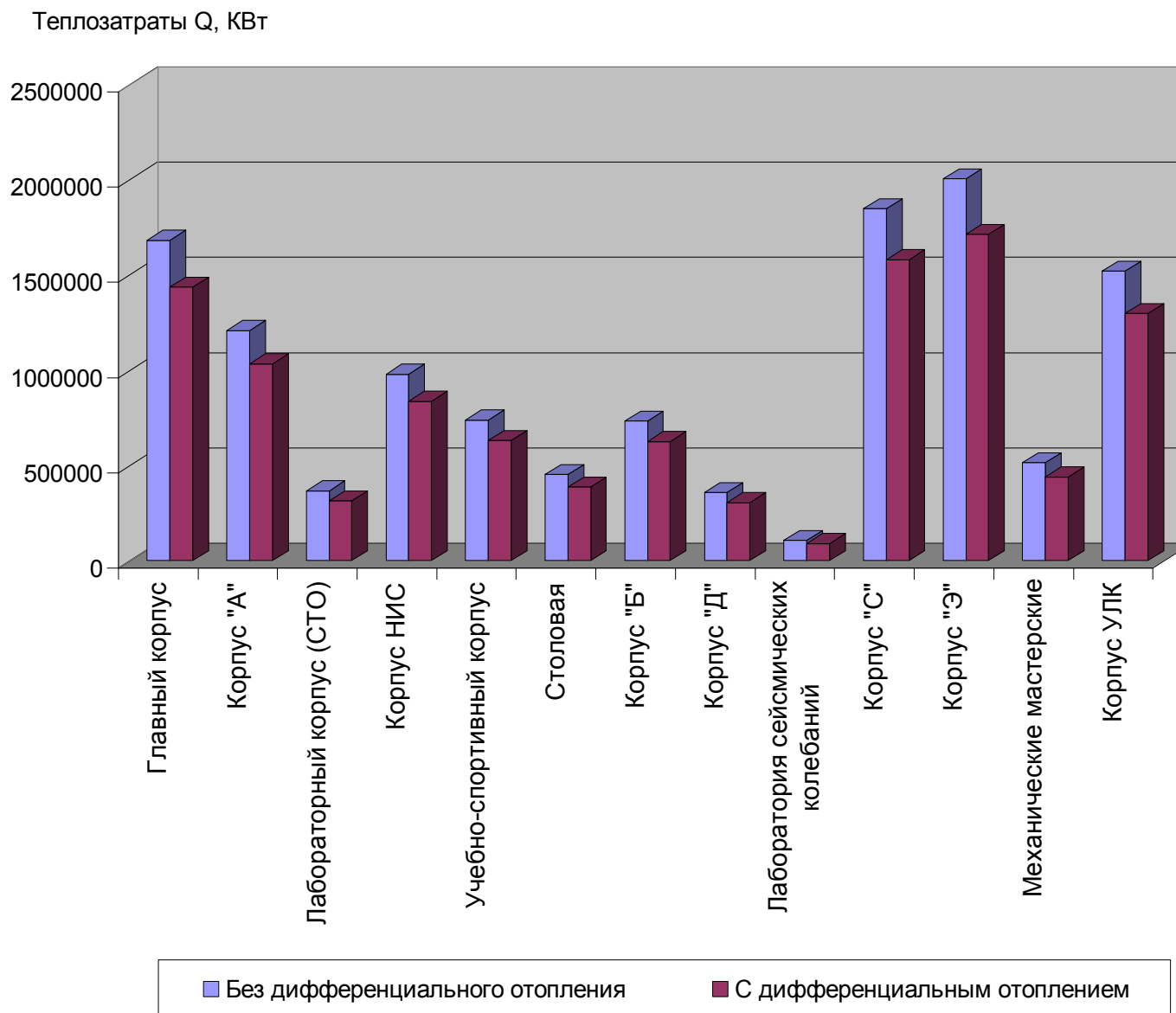


Рисунок 2.1 - Объемы теплопотребления корпусами ТГУ за отопительный период

2.2 Определение объемов потребления электроэнергии корпусами ТГУ

Корпуса основной площадки студенческого городка запитаны от шести трансформаторных подстанций, находящихся на балансе ЗАО «Квант» г. Тольятти. Принципиальная схема электроснабжения корпусов ТГУ с указанием наружных электрических сетей 0,4 кВ и мест расположения ТП приведена на рисунке 2.2.

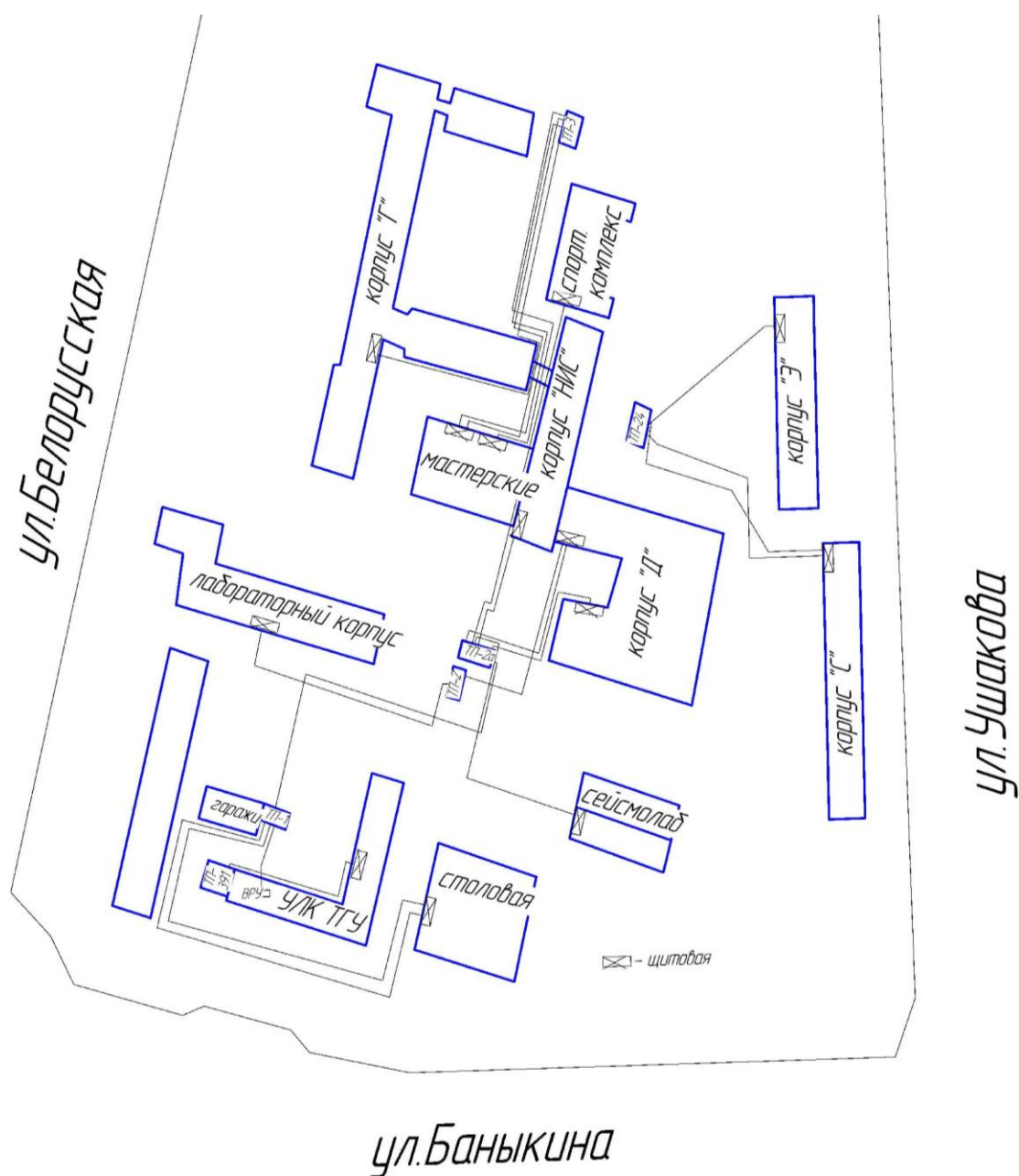


Рисунок 2.2- Принципиальная схема электроснабжения корпусов ТГУ

В таблицах 2.2 – 2.16 приведены данные электропотребления по корпусам университета за 2012 – 2014 года, на рисунках 2.3 – 2.17 соответствующие диаграммы электропотребления по корпусам.

В результате анализа данных приборов учета определено годовое потребление электроэнергии корпусами университета в 2014 г.:

Корпус «Г» - 408756 кВт·ч;

Корпус «А» - 139548,8 кВт·ч;

Корпус «Б» - 91567,3 кВт·ч;

Корпус «С» - 74400 кВт·ч;

Корпус «Э» - 326100 кВт·ч;

Корпуса «АМИ» и «УЛК» - 427434,6 кВт·ч;

Столовая - 467572,6 кВт·ч;

Спортивный корпус - 177652,8 кВт·ч;

Сейсмолаборатория - 118474,7 кВт·ч;

Мех. мастерская – 48339,6 кВт·ч;

Гараж - 85639,6 кВт·ч;

Столярная мастерская - 288,6 кВт·ч;

Корпус «НИЧ» - 304566,2 кВт·ч;

Общее электропотребление по основной площадке - 2670340,8 кВт·ч;

Общежития №1 и №5 - 448448,8 кВт·ч.

На основании данных о годовом потреблении электроэнергии определим необходимую электрическую мощность мини-ТЭЦ:

$$P_{\max} = W_{\text{г.потр}} / T_{\max},$$

где $W_{\text{г.потр}}$ – годовое потребление электроэнергии основной площадкой;

T_{\max} – число часов использования максимума нагрузки.

$$P_{\max} = 2670340,8 / 4500 = 593 \text{ кВт.}$$

Таблица 2.2 – Потребление электроэнергии в 2012-2014 годах в корпусе «Г»

Месяц	Расход электроэнергии, кВт·ч		
	2012 год	2013 год	2014 год
Январь	43186	38697,36	35164,48
Февраль	43186	53568,32	37875,76
Март	43186	31549,44	35657,44
Апрель	43186	29988,4	33932,08
Май	43186	28098,72	31960,24
Июнь	43186	25233,12	25962,56
Июль	43186	20211,36	19471,92
Август	16185,52	15939,04	20950,8
Сентябрь	19389,76	23004,8	27441,44
Октябрь	31440	37957,92	
Ноябрь	36972	58908,72	
Декабрь	36872	45598,8	

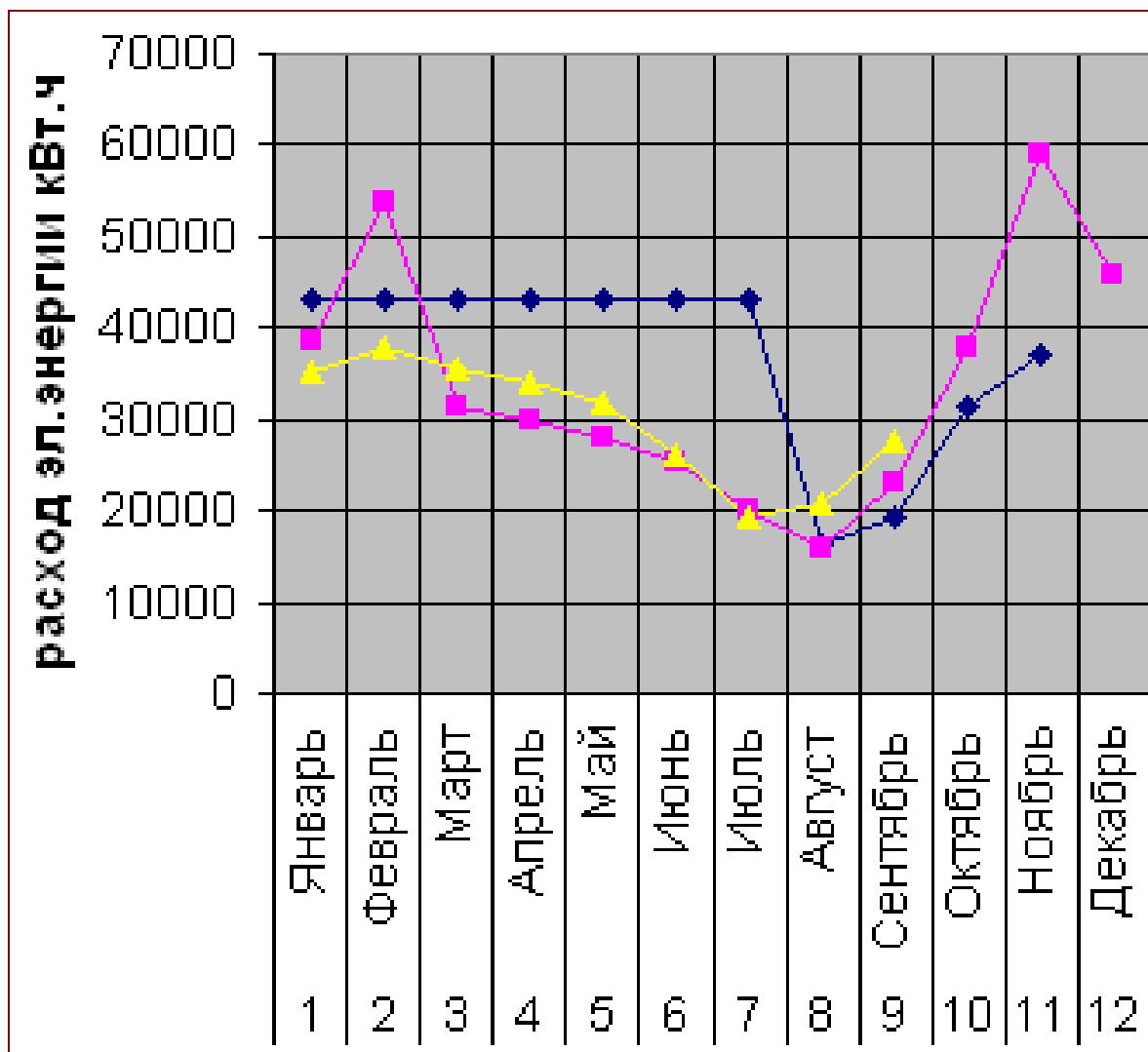


Рисунок 2.3 - Потребление электроэнергии в 2012-2014 годах в корпусе «Г»
(синий цвет – 2012 г., розовый цвет – 2013 г., желтый цвет – 2014 г.)

Таблица 2.3 – Анализ потребления электроэнергии в 2012-2014 годах в корпусе «А»

Месяц	Расход электроэнергии, кВт·ч		
	2012 год	2013 год	2014 год
Январь	17849,26	13289,38	23066,42
Февраль	23107,5	23579,92	15405
Март	20005,96	13227,76	13186,68
Апрель	16267,68	10495,94	12899,12
Май	8257,08	11666,72	12365,08
Июнь	7723,04	7805,2	4313,4
Июль	5114,46	5566,34	5381,48
Август	4765,28	4025,84	4765,28
Сентябрь	5771,74	5196,62	7209,54
Октябрь	13186,68	12241,84	12241,84
Ноябрь	6018,22	25120,42	7332,78
Декабрь	6018,22	7332,78	7332,78

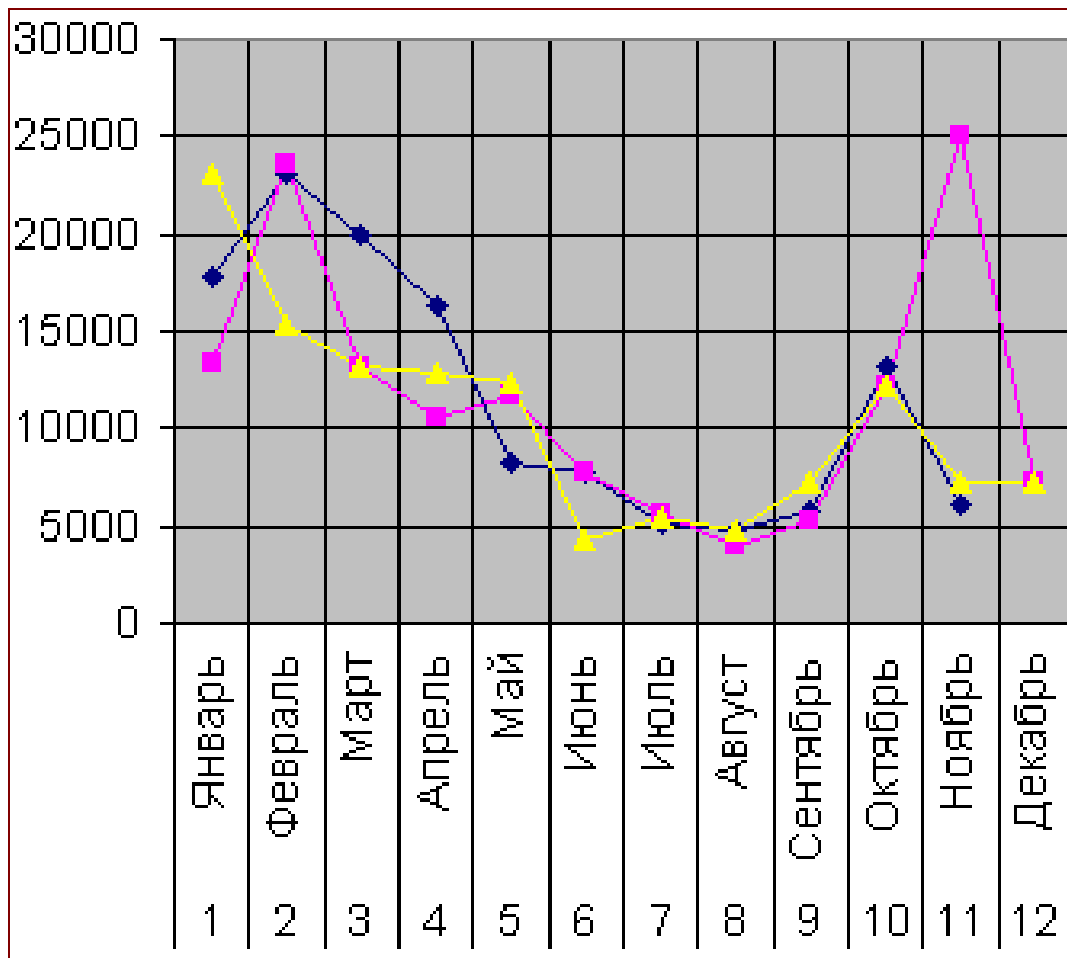


Рисунок 2.4 - Потребление электроэнергии в 2012-2014 годах в корпусе «А»

(синий цвет – 2012 г., розовый цвет – 2013 г., желтый цвет – 2014 г.)

Таблица 2.4 – Анализ потребления электроэнергии в 2012-2014 годах в корпусе «Б»

Месяц	Расход электроэнергии, кВт·ч		
	2012 год	2013 год	2014 год
Январь	7805,2	7024,68	8996,52
Февраль	8996,52	8955,44	10886,2
Март	7065,76	6079,84	8996,52
Апрель	7764,12	6696,04	8298,16
Май	6654,96	9160,84	8216
Июнь	7517,64	4970,68	8380,32
Июль	5710,12	5792,28	6449,56
Август	6613,88	4929,6	6572,8
Сентябрь	5052,84	6654,95	7846,28
Октябрь	8421,4	9243	
Ноябрь	6983,6	13556,4	
Декабрь	6983,6	8503,56	

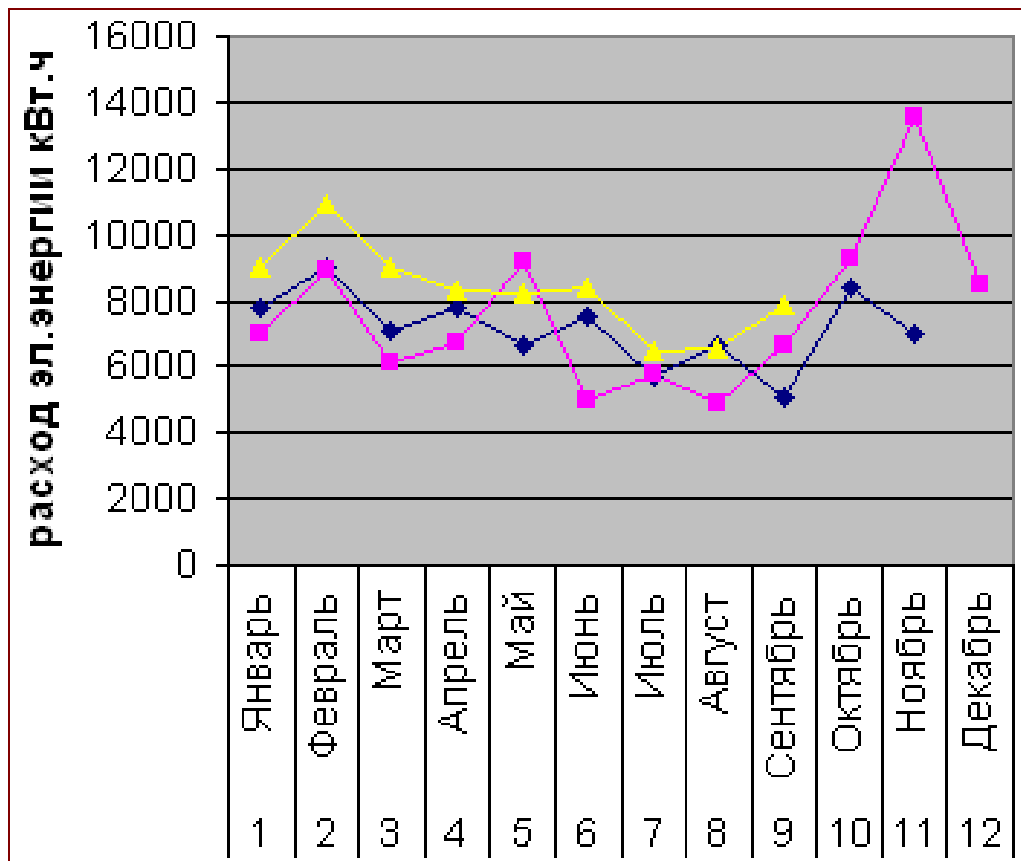


Рисунок 2.5 - Потребление электроэнергии в 2012-2014 годах в корпусе «Б»
(синий цвет – 2012 г., розовый цвет – 2013 г., желтый цвет – 2014 г.)

Таблица 2.5 – Анализ потребления электроэнергии в 2012-2014 годах в корпусе «С»

Месяц	Расход электроэнергии, кВт·ч		
	2012 год	2013 год	2014 год
Январь	5400	3900	5700
Февраль	5400	6300	5400
Март	6900	4500	7200
Апрель	3000	6000	5700
Май	5100	6600	5400
Июнь	8400	7500	12300
Июль	4200	6900	7800
Август	1800	4200	5400
Сентябрь	4200	5700	5400
Октябрь	5100	7200	
Ноябрь	5100	10200	
Декабрь	5100	5400	

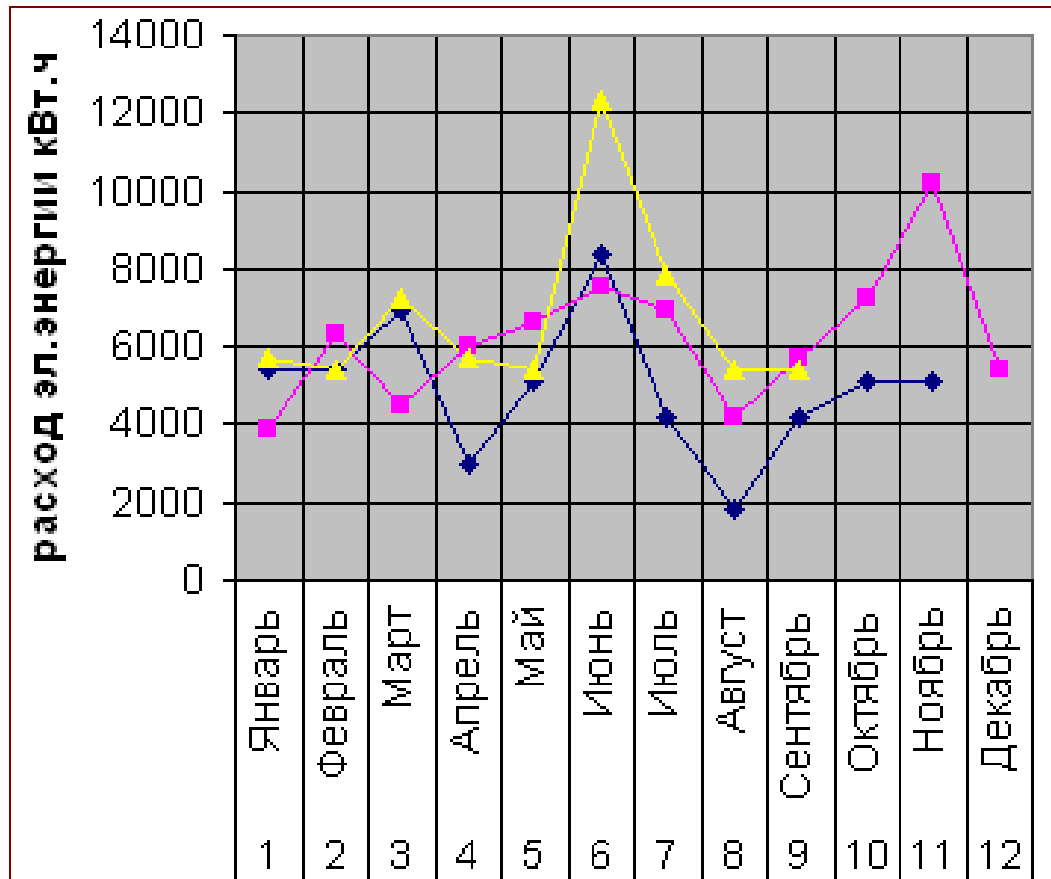


Рисунок 2.6 - Потребление электроэнергии в 2012-2014 годах в корпусе «С»

(синий цвет – 2012 г., розовый цвет – 2013 г., желтый цвет – 2014 г.)

Таблица 2.6 – Анализ потребления электроэнергии в 2012-2014 годах в корпусе «Э»

Месяц	Расход электроэнергии, кВт·ч		
	2012 год	2013 год	2014 год
Январь	43800	38100	33900
Февраль	47100	50400	30900
Март	39600	32400	33900
Апрель	26400	33600	18000
Май	21000	24900	24600
Июнь	20700	20100	14400
Июль	13800	12000	13800
Август	5700	9000	11100
Сентябрь	14400	15000	11100
Октябрь	24000	15900	
Ноябрь	25800	63600	
Декабрь	25800	11100	

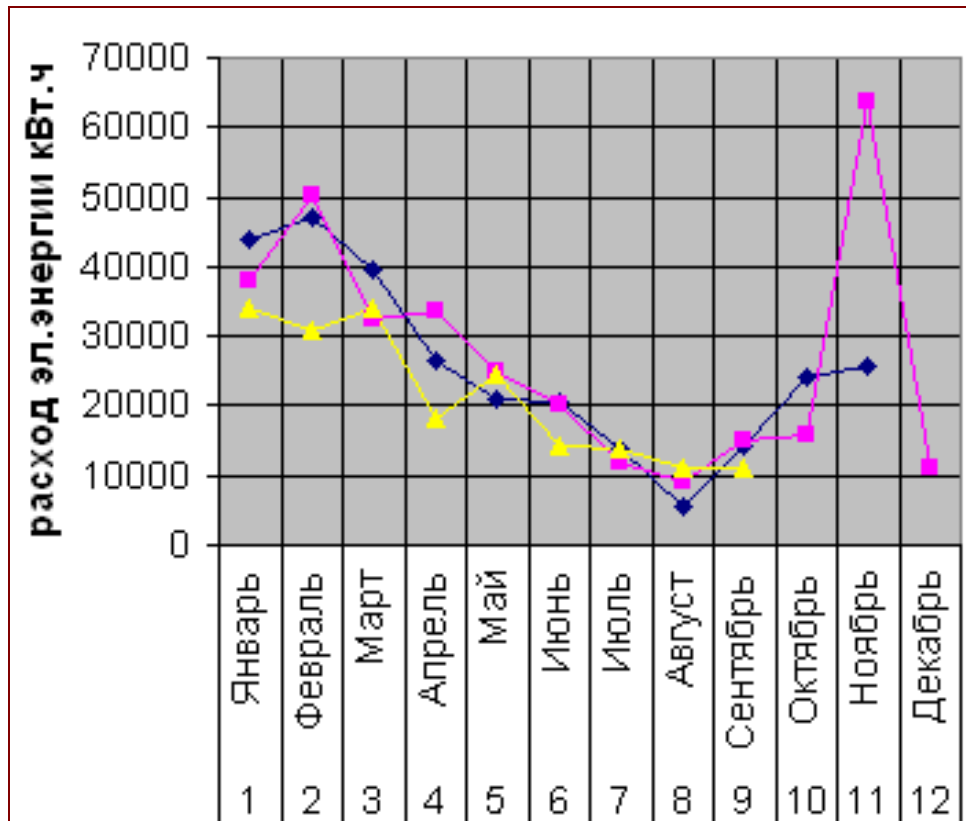


Рисунок 2.7 - Потребление электроэнергии в 2012-2014 годах в корпусе «Э»
(синий цвет – 2012 г., розовый цвет – 2013 г., желтый цвет – 2014 г.)

Таблица 2.7 – Анализ потребления электроэнергии в 2012-2014 годах в корпусе «АМИ+УЛК»

Месяц	Расход электроэнергии, кВт·ч		
	2012 год	2013 год	2014 год
Январь	19718,4	38517	54340,2
Февраль	20540	48927	53507,4
Март	27318,2	36226,8	42264,6
Апрель	23867,48	39349,8	50384,4
Май	18342,22	36643,2	43930,2
Июнь	16101,31	33936,6	38308,8
Июль	10270	21236,4	21236,4
Август	8216	16864,2	17905,2
Сентябрь	19362,6	31854,6	47677,8
Октябрь	37892,4	11034,6	
Ноябрь	52050	65166,6	
Декабрь	52050	47677,8	

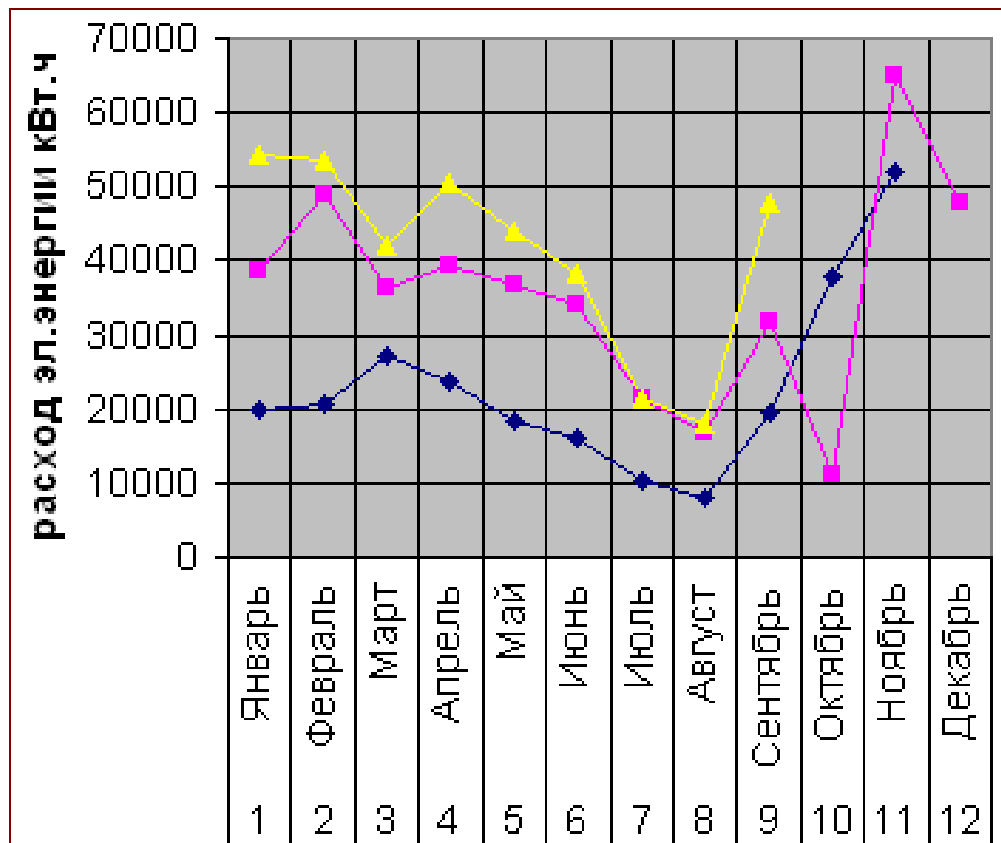


Рисунок 2.8 - Потребление электроэнергии в 2012-2014 годах в корпусе «АМИ+УЛК»

(синий цвет – 2012 г., розовый цвет – 2013 г., желтый цвет – 2014 г.)

Таблица 2.8 – Анализ потребления электроэнергии в 2012-2014 годах в корпусе «Столовая»

Месяц	Расход электроэнергии, кВт·ч		
	2012 год	2013 год	2014 год
Январь	34383,96	36273,64	33315,88
Февраль	34096,4	46913,36	40915,68
Март	29988,4	32987,24	37506,04
Апрель	32822,92	37382,8	44736,12
Май	30604,6	37177,4	41449,72
Июнь	33726,68	36437,96	32206,72
Июль	26619,84	26702	26496,6
Август	34589,36	28468,44	27893,32
Сентябрь	31837	36150,4	47365,24
Октябрь	41696,2	43010,76	
Ноябрь	39436,8	57963,88	
Декабрь	39436,8	48104,68	

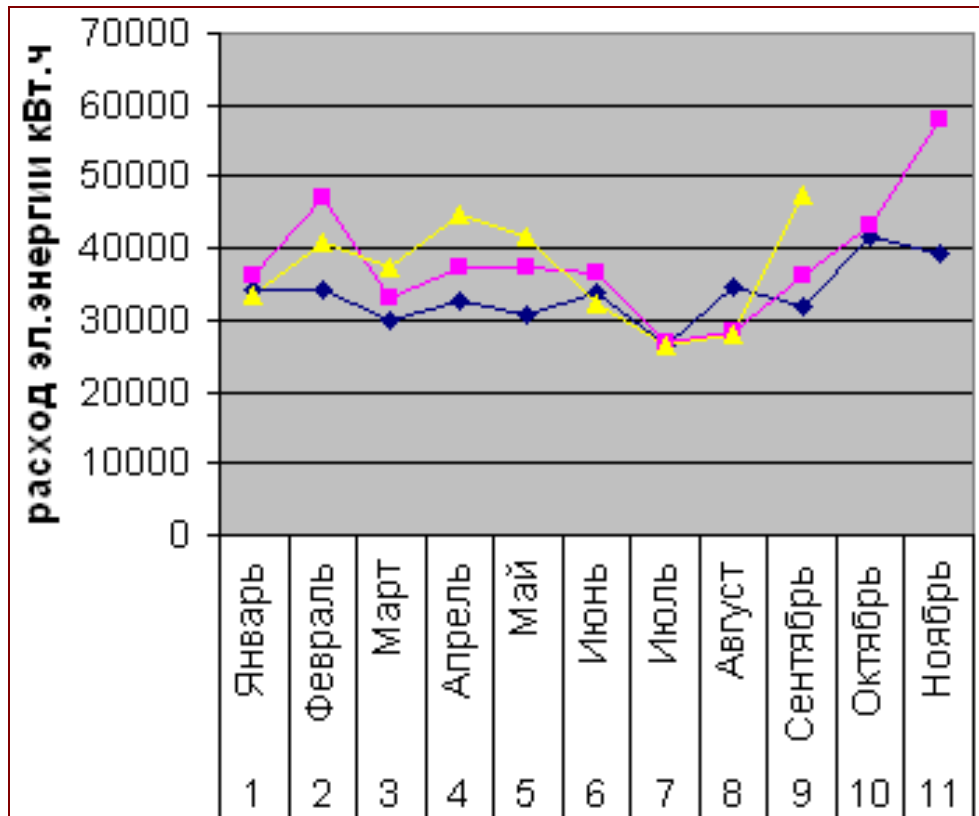


Рисунок 2.9 - Потребление электроэнергии в 2012-2014 годах в корпусе «Столовая»

(синий цвет – 2012 г., розовый цвет – 2013 г., желтый цвет – 2014 г.)

Таблица 2.9 – Анализ потребления электроэнергии в 2012-2014 годах в корпусе «Спортивный комплекс»

Месяц	Расход электроэнергии, кВт·ч		
	2012 год	2013 год	2014 год
Январь	14804,4	14804,4	17192,21
Февраль	14804,4	14804,4	12416,59
Март	14804,4	14804,4	14804,4
Апрель	14804,4	14804,4	14804,4
Май	14804,4	14804,4	14804,4
Июнь	14804,4	14804,4	14804,4
Июль	14804,4	14804,4	14804,4
Август	14804,4	14804,4	14804,4
Сентябрь	14804,4	14804,4	14804,4
Октябрь	14804,4	14804,4	
Ноябрь	39436,8	14804,4	
Декабрь	39436,8	14804,4	

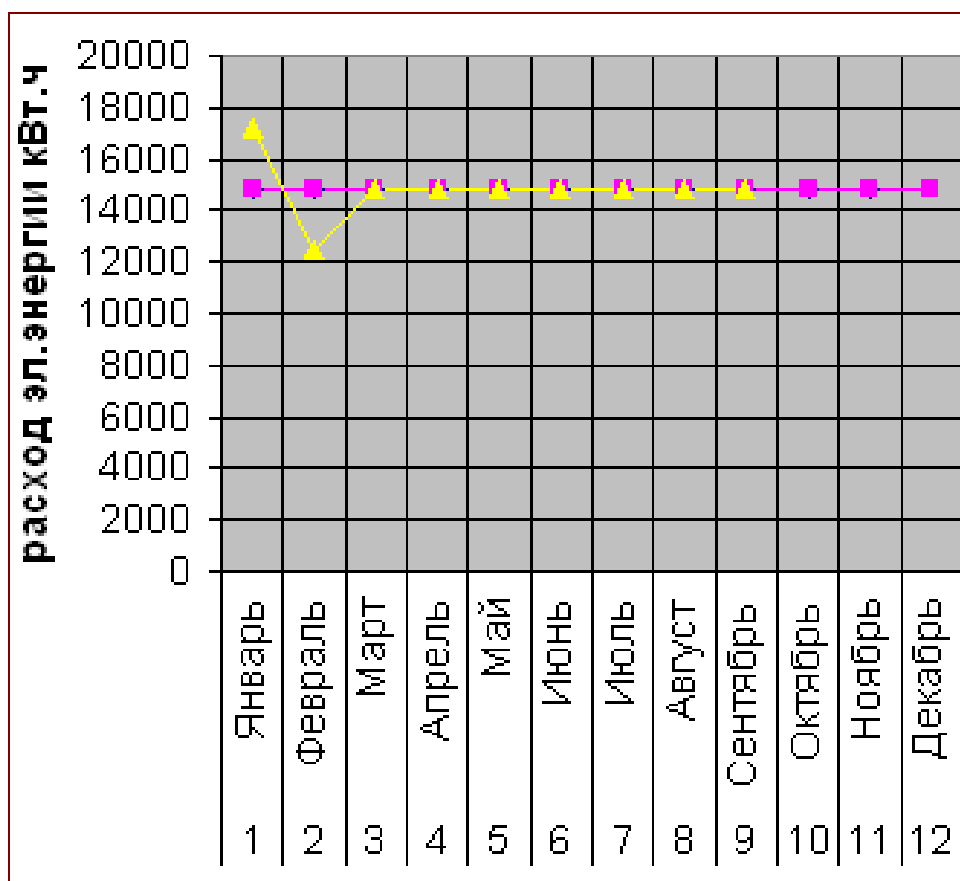


Рисунок 2.10 - Потребление электроэнергии в 2012-2014 годах в корпусе

«Спортивный комплекс»

(синий цвет – 2012 г., розовый цвет – 2013 г., желтый цвет – 2014 г.)

Таблица 2.10 – Анализ потребления электроэнергии в 2012-2014 годах в корпусе «Сейсмолаборатория»

Месяц	Расход электроэнергии, кВт·ч		
	2012 год	2013 год	2014 год
Январь	11096,9	14583,4	10064,6
Февраль	5586,88	15980,1	911,76
Март	10352,2	10639,7	11009,4
Апрель	12734,8	10105,7	10516,5
Май	9489,48	8092,76	6038,76
Июнь	5915,52	6079,84	3081
Июль	3122,92	6778,2	2546,96
Август	3779,36	6531,72	5381,48
Сентябрь	5504,72	5915,52	4600,96
Октябрь	7394,4	10187,8	7394,4
Ноябрь	8462,48	13227,8	
Декабрь	10352,2	10352,2	

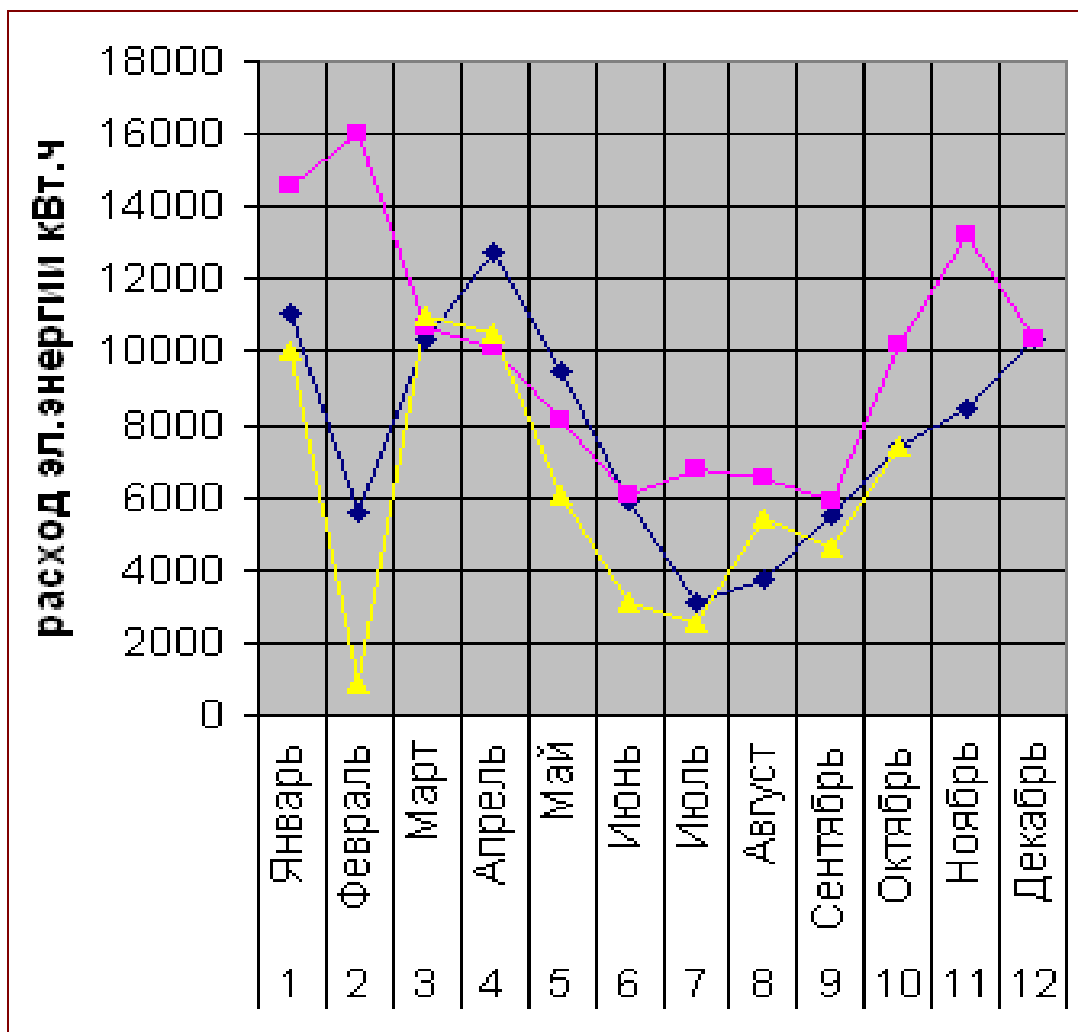


Рисунок 2.11 - Потребление электроэнергии в 2012-2014 годах в корпусе «Сейсмолаборатория»

(синий цвет – 2012 г., розовый цвет – 2013 г., желтый цвет – 2014 г.)

Таблица 2.11 – Анализ потребления электроэнергии в 2012-2014 годах в корпусе «Мех.мастерская»

Месяц	Расход электроэнергии кВт · ч		
	2012 год	2013 год	2014 год
Январь	5047,71	3882,07	5150,41
Февраль	5242,84	4369,88	4775,55
Март	4179,89	3276,13	4452,05
Апрель	3650,99	3630,44	7435,48
Май	4108	3654,85	3953,95
Июнь	3928,28	3301,8	2783,17
Июль	3568,82	2829,38	2891
Август	4667,73	3882,06	2988,57
Сентябрь	3661,25	3620,18	3538,02
Октябрь	3995,03	3728,01	3728,01
Ноябрь	3763,95	7651,15	
Декабрь	4513,66	4513,66	

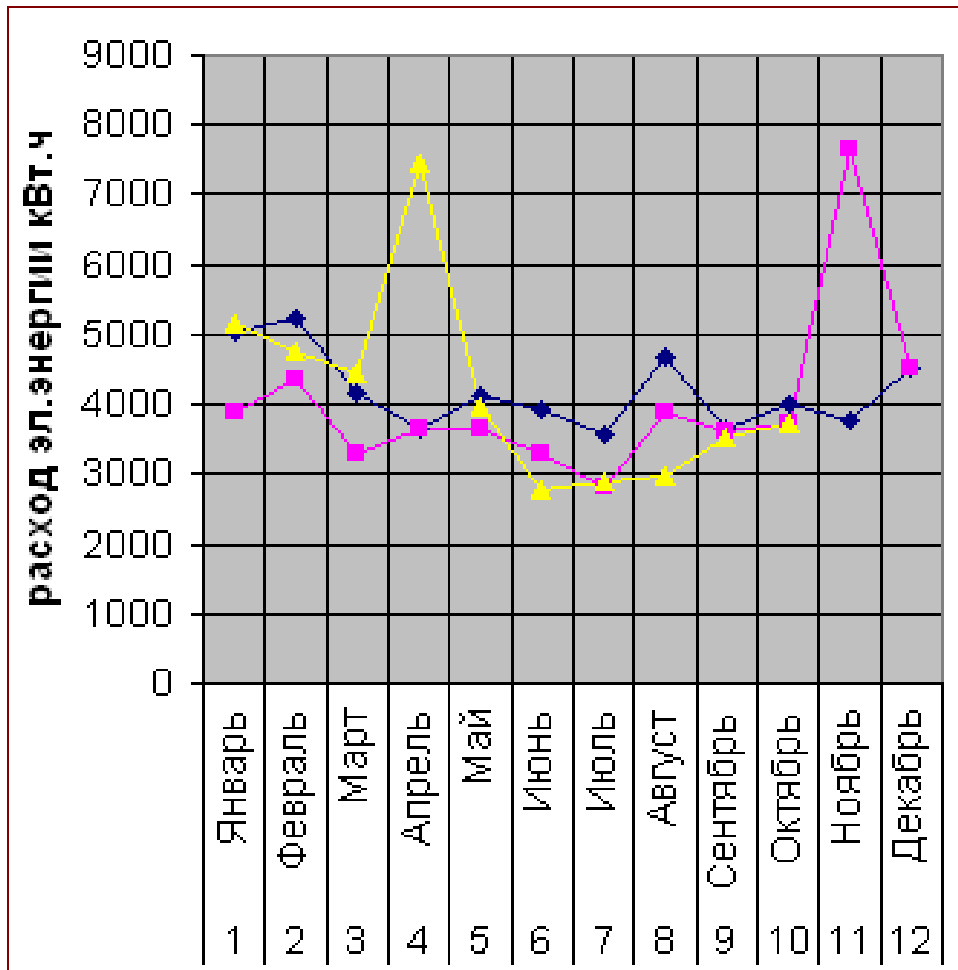


Рисунок 2.12 - Потребление электроэнергии в 2012-2014 годах в корпусе «Мех.мастерские»

(синий цвет – 2012 г., розовый цвет – 2013 г., желтый цвет – 2014 г.)

Таблица 2.12 – Анализ потребления электроэнергии в 2012-2014 годах в корпусе «Гараж»

Месяц	Расход электроэнергии кВт · ч		
	2012 год	2013 год	2014 год
Январь	7524	7524	8216
Февраль	7524	7524	9900,28
Март	7524	7524	8092,76
Апрель	7524	7524	8092,76
Май	7524	7524	6983,6
Июнь	7524	7524	4920,96
Июль	7524	7524	2012,92
Август	7524	7524	2054
Сентябрь	7524	7524	3286,4
Октябрь	7524	7524	
Ноябрь	4393,56	7524	
Декабрь	7524	7524	

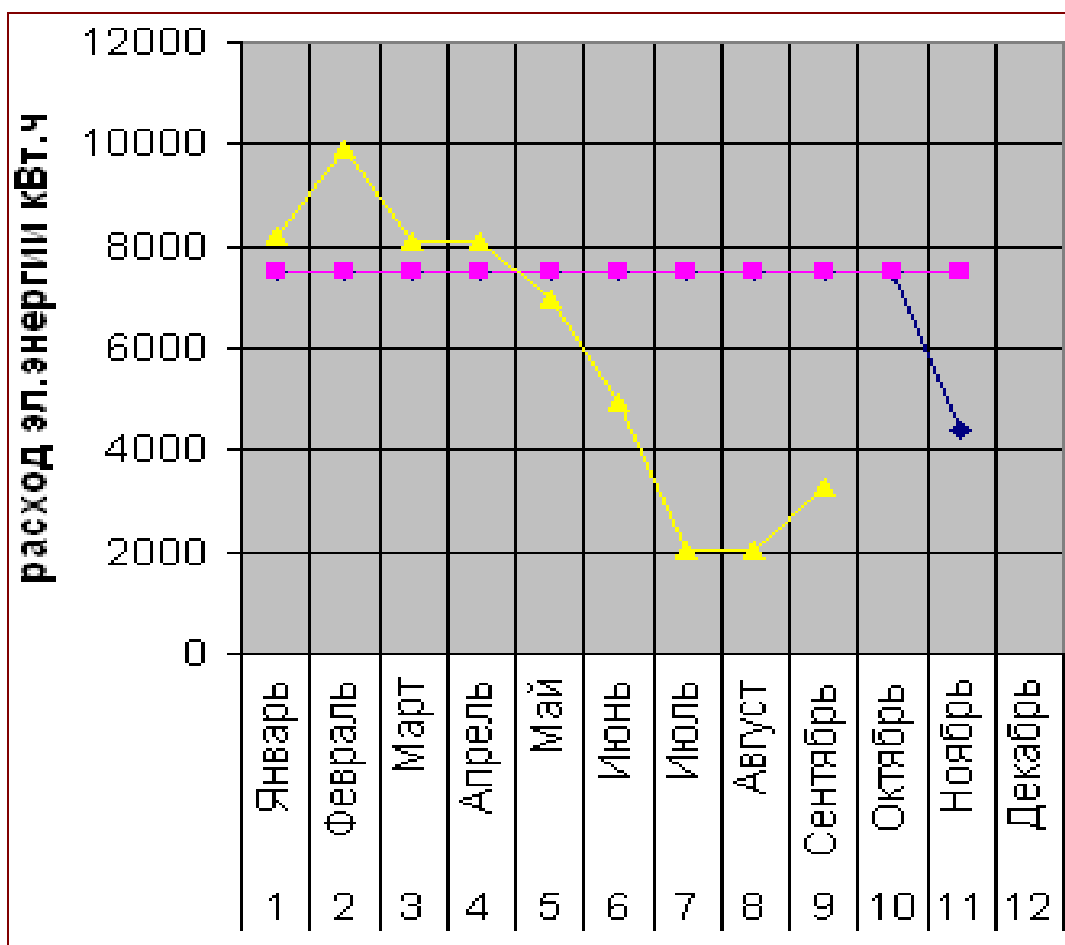


Рисунок 2.13 - Потребление электроэнергии в 2012-2014 годах в корпусе «Гараж» (синий цвет – 2012 г., розовый цвет – 2013 г., желтый цвет – 2014 г.)

Таблица 2.13 – Анализ потребления электроэнергии в 2012-2014 годах в корпусе «Столярная мастерская»

Месяц	Расход электроэнергии кВт·ч		
	2012 год	2013 год	2014 год
Январь	2252,8	10,27	20,54
Февраль	2252,8	10,27	20,54
Март	2252,8	82,16	10,27
Апрель	839,2	41,08	10,27
Май	30	20,54	10,27
Июнь	20,54	10,27	10,27
Июль	20,54	10,27	10,27
Август	20,54	10,27	10,27
Сентябрь	20,54	10,27	10,27
Октябрь	10,27	10,27	
Ноябрь	30,81	20,54	
Декабрь	10,27	10,27	

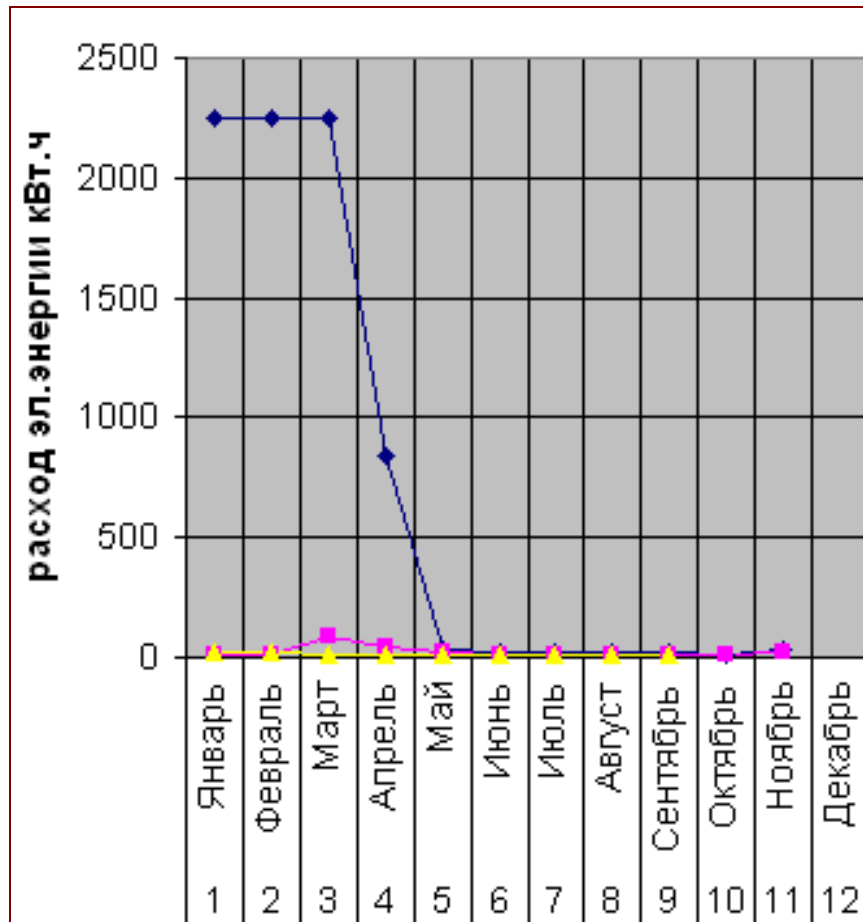


Рисунок 2.14 - Потребление электроэнергии в 2012-2014 годах в корпусе

«Столярная мастерская»

(синий цвет – 2012 г., розовый цвет – 2013 г., желтый цвет – 2014 г.)

Таблица 2.14 – Анализ потребления электроэнергии в 2012-2014 годах в корпусе «Общежитие №1»

Месяц	Расход электроэнергии кВт · ч		
	2012 год	2013 год	2014 год
Январь	20376	20376	19480
Февраль	20376	20376	21200
Март	20376	20376	20120
Апрель	20376	20376	21080
Май	20376	20376	19080
Июнь	20376	17395,2	19760
Июль	20376	14040	13680
Август	20376	14200	18400
Сентябрь	20376	20560	21400
Октябрь	20376	23360	
Ноябрь	19760	20376	
Декабрь	20376	24000	

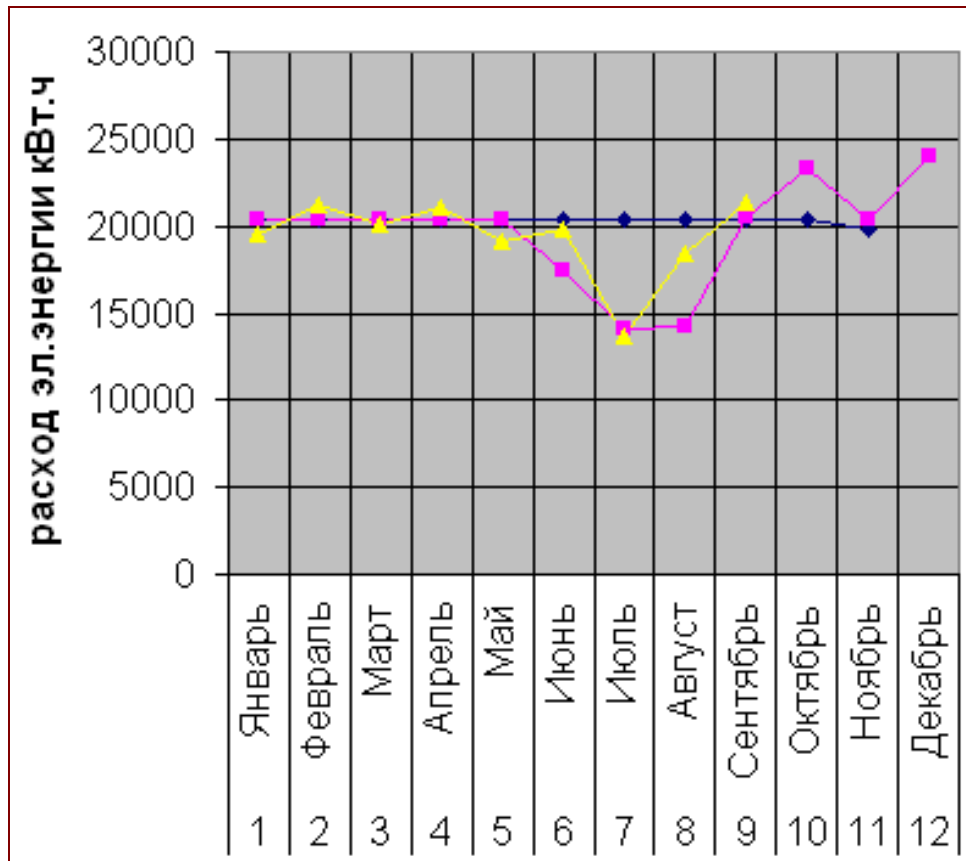


Рисунок 2.15 - Потребление электроэнергии в 2012-2014 годах в корпусе
«Общежитие №1»

(синий цвет – 2012 г., розовый цвет – 2013 г., желтый цвет – 2014 г.)

Таблица 2.15 – Анализ потребления электроэнергии в 2012-2014 годах в корпусе «Общежитие №5»

Месяц	Расход электроэнергии кВт · ч		
	2012 год	2013 год	2014 год
Январь	18648	18648	29040
Февраль	18648	18348	26400
Март	18648	18648	24160
Апрель	18648	18648	26760
Май	18648	18648	24280
Июнь	18648	15249,6	12600
Июль	18648	14249,6	11720
Август	18648	5950,4	11960
Сентябрь	18648	14040	17320
Октябрь	18648	22720	
Ноябрь	23680	18648	
Декабрь	18648	28840	

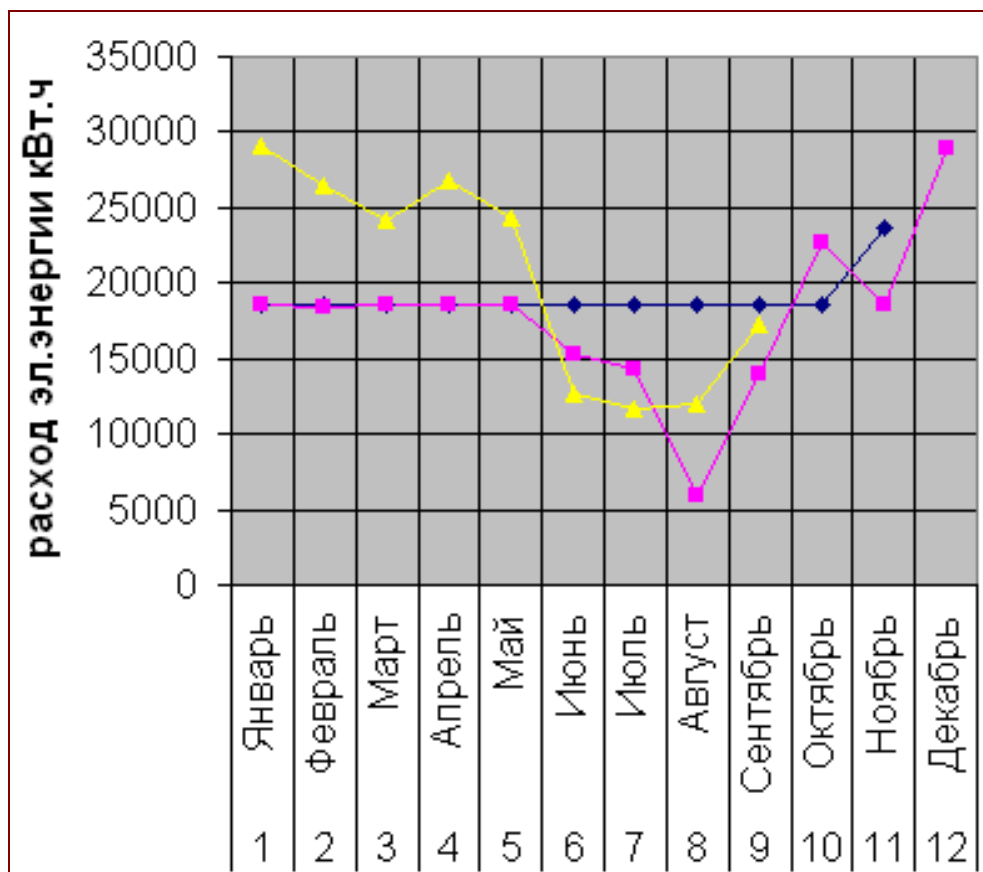


Рисунок 2.16 - Потребление электроэнергии в 2012-2014 годах в корпусе «Общежитие №5»

(синий цвет – 2012 г., розовый цвет – 2013 г., желтый цвет – 2014 г.)

Таблица 2.16 – Анализ потребления электроэнергии в 2012-2014 годах в корпусе «НИЧ»

Месяц	Расход электроэнергии кВт · ч		
	2012 год	2013 год	2014 год
Январь	23579	23744,2	9201,92
Февраль	28180,9	39765,4	27441,4
Март	19964,9	19964,9	23497,8
Апрель	24155	19554,1	24155
Май	19964,9	24072,9	25798,2
Июнь	22594	25305,3	22594
Июль	17253,6	23826,4	19061,1
Август	19800,6	21443,8	21443,8
Сентябрь	16021,2	25716,1	25223,1
Октябрь	27195	41080	
Ноябрь	25140	14870	
Декабрь	25140	25223,1	

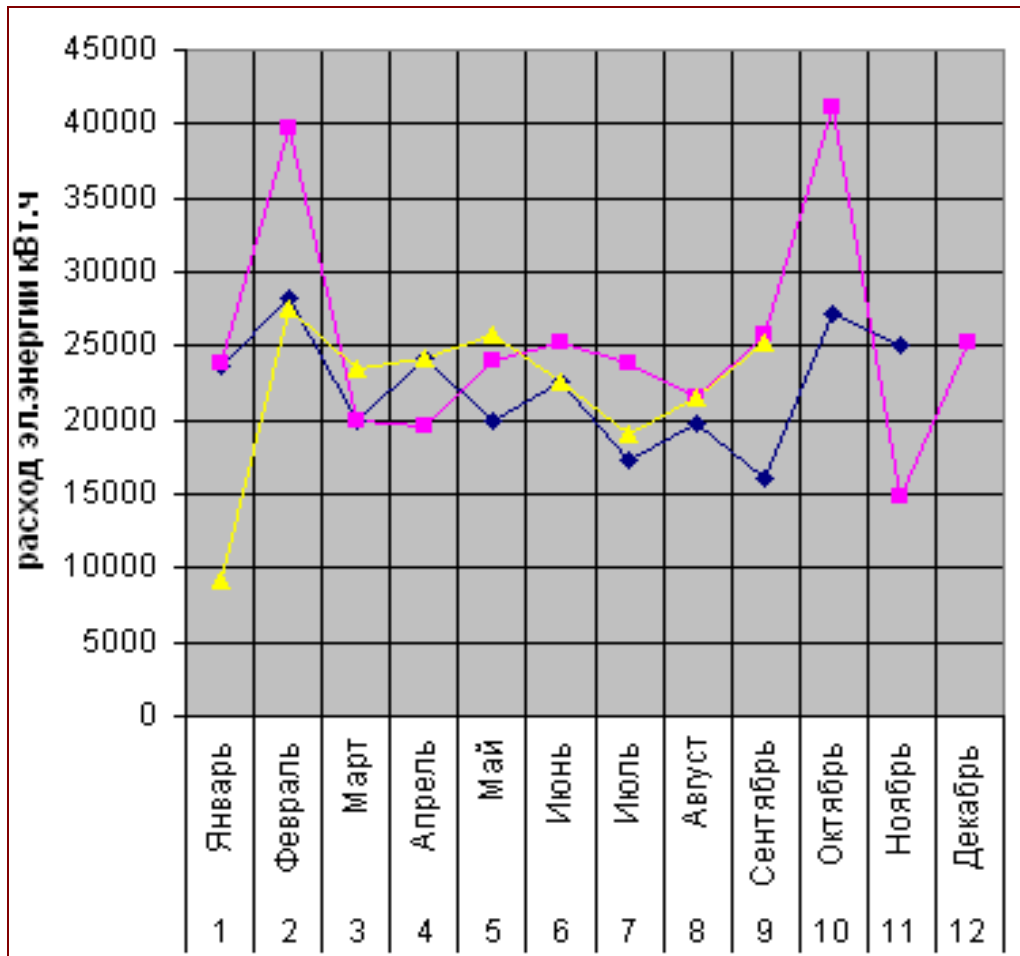


Рисунок 2.17 - Потребление электроэнергии в 2012-2014 годах в корпусе «НИЧ»

(синий цвет – 2012 г., розовый цвет – 2013 г., желтый цвет – 2014 г.)

2.3 Выбор и обоснование места расположения автономного источника

В соответствии с нормами СП 42.13330.2011 «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89*» [15] источник тепла должен:

- 1) располагаться вблизи инженерных сетей, обеспечивающих его снабжение водой, топливом, электроэнергией и т.д.;
- 2) быть максимально приближен к потребителям тепла для сокращения размеров тепловых сетей, уменьшения потерь тепла и гидравлического напора по трассе трубопроводов;
- 3) находится на расстоянии от жилых зданий, достаточном для устройства санитарно-защитной зоны, соответствующей санитарной классификации предприятия.

В соответствии с указанными критериями в качестве места расположения источника предлагается площадка между спортивным корпусом и корпусом «Э». На данной территории проектируемый источник энергии может свободно снабжаться водой и электричеством от существующих сетей. При этом, потребители тепла находятся в непосредственной близости к нему, а жилые здания удалены на 50 м, что соответствует требованиям СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 [17].

Для работы автономного источника необходим подвод газовых сетей среднего давления. Так как близлежащие жилые дома запитаны от газовой сети низкого давления, необходима дополнительная прокладка сети среднего давления от ГРП до источника и подключение к газовым сетям [12].

Анализ генерального плана застройки площадки университетского городка показал, что подключение к проектируемому источнику общежитий №1 и №5 затрудняется в связи с необходимостью прокладки дополнительных тепловых сетей, пересекающих ул. Белорусская. Учитывая небольшую

требуемую тепловую мощность данных объектов, предлагается устройство отдельной мини-котельной для теплоснабжения общежитий.

2.4 Выбор и обоснование вида автономного источника питания

Главной задачей проекта является альтернативное производство электрической энергии с одновременной выработкой сопутствующей тепловой энергией посредством строительства автономного источника.

Применение мини-ТЭЦ – наиболее вероятный путь технического перевооружения энергетики. Мини-ТЭЦ могут применяться в качестве основного или резервного источника энергии как в автономном режиме, так и совместно с централизованными системами тепло и электроснабжения.

Достоинствами мини-ТЭЦ являются [27]:

- низкая стоимость вырабатываемой электроэнергии и тепла;
- КПД достигает 88-92%, что вдвое больше того же показателя традиционных ТЭЦ;
- гибкость в конструкции исполнении и использовании, широкий выбор технологических схем для получения электроэнергии и тепла в виде пара или горячей воды;
- возможность максимально приблизить производство энергии к потребителям, а следовательно, сократить протяженность сетей, снизить затраты на их строительство и содержание;
- быстрая окупаемость;
- экологическая безопасность.

Как показал расчет мощности автономного источника для обеспечения энергопотребления корпусов университета необходим источник мощностью 593 кВт электрической и 5,1 МВт тепловой энергии.

Капитальные затраты на строительство мини-ТЭЦ электрической мощностью 593 кВт в среднем по Самарской области составляют [3]

$$K = P K_{уд},$$

$$K = 593 \cdot 28000 = 16\,604\,000 \text{ руб.}$$

Здесь $K_{\text{уд}} = 28000$ руб. – капитальные затраты на ввод в эксплуатацию 1 кВт установленной электрической мощности.

Однако при этом выработка тепловой мощности составит 870 кВт, что в 6 раз меньше требуемой. Общее увеличение мощности мини-ТЭЦ приведет к увеличению капитальных затрат на строительство источника на 7,5 млн. рублей, а также к излишним мощностям по электрической энергии.

Анализируя годовые графики по расходу электроэнергии, можно сказать, что степень годовой загрузки мини-ТЭЦ в автономном режиме не превышает 40-60%, так как в ТГУ односменный режим работы. При этом, режим электропотребления на объекте должен быть близок к графику номинального энергопроизводства, то есть коэффициент загрузки равен 70-100%.

Вследствие чего возникает вопрос о реализации «излишков» производимой электрической энергии другим потребителям, что на данный момент невозможно ввиду отсутствия вблизи с проектируемой мини-ТЭЦ промышленных потребителей, а продажа электроэнергии прилегающим жилым домам не возможна, ввиду отсутствия взаимосвязи малой энергетики с центральными системами на государственном и муниципальном уровне.

Эксплуатация мини-ТЭЦ в летний период нецелесообразна, так как резко увеличивается себестоимость выработки электроэнергии, из-за отсутствия потребителей тепловой энергии [24].

Существует и другая проблема – техническое обслуживание и сервис мини-ТЭЦ. Некоторые центры предлагают свои услуги за 7-10% в год от контрактной стоимости поставки и монтажа мини-ТЭЦ, а это опять же добавка к себестоимости энергии. К тому же оказалось, что обеспечить надёжное техническое обслуживание из десятков отечественных фирм могут лишь единицы [21].

Учитывая все эти факты, а также что требуемые тепловые нагрузки значительно превышают электрические и окупаемость вложенных средств в

мини-ТЭЦ – 6,5 лет, а в мини-котельную – 2,3 года, можно сделать вывод о том, что строительство мини-ТЭЦ на территории университетского городка является нецелесообразным.

В качестве автономного источника теплоснабжения может быть предложена мини-котельная, расположенная на той же площадке [12,28]. Регулирование отпуска тепла в зависимости от времени года производится за счет приборов автоматики и частичного вывода оборудования в теплый период года.

Для подключения корпусов ТГУ к источнику частично могут быть использованы существующие тепловые сети. Дополнительно потребуется прокладка около 100 м трубопроводов Ø250 мм, 180 м - Ø150 мм, 240 м - Ø100 мм. Прокладка теплопроводов в основном предполагается подземная.

В результате реализации проекта оптимизируются схемы теплоснабжения, из эксплуатации выводятся тепловые сети с перегретой водой, в результате чего будут исключены потери тепловой энергии при ее передаче. В целом система теплоснабжения будет приведена в состояние, обеспечивающее стабильный режим гарантированного снабжения теплом корпусов университета.

2.5 Гидравлический расчет тепловых сетей

Гидравлический расчет тепловых сетей выполнен для предлагаемого варианта подземной прокладки задачу гидравлического расчета входит определение диаметров теплопроводов, давления в различных точках тепловой сети и потерь давления на участках. Последние устанавливают методом удельных потерь давления на трение и приведенных длин.

Алгоритм расчета следующий [9,11,18]:

1. Выбирается расчетная магистраль на трассе тепловых сетей (расчетная схема прилагается) - самая нагруженная и наиболее протяженная ветвь;

2. Тепловая сеть разбивается на расчетные участки, на которых проставляются расчетные расходы теплоносителя и длины участков;

3. Задавшись удельными потерями давления на трение (20-80 Па/м), исходя из расходов теплоносителя на участках, по таблицам, составленным для труб с коэффициентом эквивалентной шероховатости $k_3=0,5$ мм, находится диаметр теплопровода, действительные удельные потери давления на трение и скорость движения теплоносителя;

4. По выбранным диаметрам определяются эквивалентные длины всех участков по местным сопротивлениям;

5. Приведенная длина вычисляется как сумма фактической и эквивалентной длин:

$$l_{np} = l_{ф} + l_{эке}, м; \quad (3.1)$$

6. Потери давления на расчетном участке вычисляются по формуле:

$$\Delta P = R_{тр} + l_{np}, м, \quad (3.2)$$

где $R_{тр}$ – удельные потери давления на трения, Па/м;

7. Вычисляются суммарные потери в подающей магистрали $\sum \Delta P$.

8. Ответвления и другие магистрали рассчитываются по располагаемому перепаду давления в точке присоединения ответвлений к расчетной магистрали. При этом невязка не должна превышать 10%.

$$\frac{P_1 - P_2}{P_1} \cdot 100, \% , \quad (3.3)$$

где P_1 – потери давления на магистрали, Па; P_2 - потери давления на ответвлении, Па.

9. Когда невозможно уравнивать потери давления в рассчитываемых магистралях за счет изменения диаметров трубопроводов, избыточное давление гасится на абонентских вводах диафрагмами. Диаметр диафрагмы определяется по формуле:

$$d = 10 \cdot \sqrt[4]{\frac{G_p^2}{P_1 - P_2}} , \quad (3.4)$$

где G_p – расчетный расход на данном участке.

Результаты вычислений сведены в таблицу 2.17.

Таблица 2.17 – Гидравлический расчет тепловых сетей

№ участка	Расход воды, G_p , т/ч	D_y	$D_n \times S$	Фактическая длина участка, l_f , м	Эквивалентная длина участка, l_3 , м	Приведенная длина $l_{пр} = l_f + l_3$	Скорость воды w , м/с	Удельные Потери давления R , Па/м	Потери давления на участке $Rl_{пр}$, Па	Потери напора на участке H , м	Суммарные потери давления $\sum Rl_{пр}$, Па
Главная ветвь											
1	163,55	250	273x7	10,8	0,0	10,8	0,91	36,00	388,80	0,04	388,80
2	163,55	250	273x7	35,7	22,2	57,9	0,91	36,00	2084,40	0,21	2473,20
3	112,37	200	219x7	21,0	9,2	30,2	1,01	60,00	1814,40	0,18	4287,60
5	61,97	200	219x7	147,7	14,3	162,0	0,54	17,40	2818,80	0,28	7106,40
5a	60,6	200	219x7	22,2	0,0	22,2	0,53	16,30	361,86	0,04	7468,26
9	35,68	150	159x4,5	53,8	6,2	60,0	0,59	30,60	1834,78	0,18	9303,04
11	15,81	100	108x4	100,9	6,9	107,8	0,59	51,70	5574,81	0,56	14877,85
Ответвление А											
4	50,4	150	159x4,5	33,0	25,2	58,2	0,82	59,00	3433,80	0,34	
Невязка :		20	%	d=	13		Избытки давления гасят на абонентских вводах				
Ответвление Б											
10	19,87	108	108x4	16,9	19,4	36,3	0,72	80,80	2935,46	0,29	
Невязка :		68	%	d=	5		Избытки давления гасят на абонентских вводах				

2.6 Выводы по разделу 2

Выполненные расчеты показали, что для обеспечения энергопотребления корпусов ТГУ необходим источник мощностью 593 кВт электрической и 5,1 МВт тепловой энергии.

Сделан вывод о том, что строительство мини-ТЭЦ на территории университетского городка является нецелесообразным. В качестве автономного источника теплоснабжения предложена мини-котельная.

В качестве места расположения мини-котельной предложена площадка между спортивным корпусом и корпусом «Э». На данной территории проектируемая мини-котельная может свободно снабжаться водой и электричеством от существующих сетей. Для работы мини-котельной необходим подвод газовых сетей среднего давления. Так как близлежащие жилые дома запитаны от газовой сети низкого давления, необходима дополнительная прокладка сети среднего давления от ГРП до источника и подключение к газовым сетям.

Анализ генерального плана застройки площадки университетского городка показал, что подключение к проектируемому источнику общежитий №1 и №5 затруднено в связи с необходимостью прокладки дополнительных тепловых сетей, пересекающих ул. Белорусская. Учитывая небольшую требуемую тепловую мощность данных объектов, предложено устройство отдельной мини-котельной для теплоснабжения общежитий.

Для подключения корпусов ТГУ к источнику частично могут быть использованы существующие тепловые сети.

3 Технико-экономические показатели проекта

3.1 Выбор оборудования мини-котельной

Выбор оборудования мини-котельной произведен из расчета установочной мощности котельной 5,25 МВт. Нагрузка на отопление и вентиляцию по всем потребителям кроме столовой принята 75% от общей, на горячее водоснабжение – 25% от общей. По столовой: отопление и вентиляция – 50% от общей нагрузки, горячее водоснабжение – 50% от общей нагрузки. Схема работы котельной принята одноконтурная (без промежуточных теплообменников системы отопления), с узлом приготовления горячей воды системы ГВС. Топливо – природный газ.

Таблица 3.1. – Нагрузки по потребителям

Потребители	Расчетные теплопотери здания, кВт	Отоп- ление, Гкал/ч	Венти- ляция, Гкал/ч	ГВС, Гкал/ч	Общая, Гкал/ч
Главный корпус «Г»	640,0	0,413		0,138	0,550
Корпус «А»	460,0	0,297		0,099	0,396
Лабораторный корпус (СТО)	139,2	0,090		0,030	0,120
Корпус НИС	372,6	0,240		0,080	0,320
Учебно-спортивный корпус	280,7	0,181		0,060	0,241
Столовая	171,7	0,074		0,074	0,148
Корпус «Б»	278,6	0,180		0,060	0,240
Корпус «Д»	135,7	0,088		0,029	0,117
Лаборатория сейсмических колебаний	40,0	0,026		0,009	0,034

Продолжение таблицы 3.1

Корпус «С»	703,4	0,454		0,151	0,605
Корпус «Э»	763,3	0,492		0,164	0,656
Механические мастерские	195,5	0,126		0,042	0,168
Корпус УЛК+АМИ	578,2	0,373		0,124	0,497
Итого (Гкал/час)	4,758,9	3,032	0,000	1,060	4,09
Итого (МВт)		3,53	0,00	1,23	4,76
Итого с учетом потерь на собственные нужды (МВт)	7,2 %				5,10

К установке предлагается котельный модуль «Тепловой центр ЗТЦ-3-5,25 ГС» [30]. Предлагаемая комплектация теплового центра (модульной котельной) приведена в таблице 3.2.

Таблица 3.2 - Комплектация теплового центра (модульной котельной)

№	Наименование
1	Котел водогрейный Vitoplex SX1 мощностью 1,75 МВт
2	Горелка газовая OILON GP-140H
3	Теплообменное оборудование системы ГВС
4	Насосное оборудование производства фирмы Wilo
5	Газовое оборудование (клапан-отсекатель, регулятор давления газа, счетчик газа, фильтр, газоанализатор и т.д.)
6	Общекотельная автоматика с системой погодозависимого регулирования и система противопожарной сигнализации
7	Система диспетчеризации
8	Водоподготовительная установка мощностью 5 м ³ /ч для подпитки сети, бак запаса подготовленной подпиточной воды V=2,5 м ³
9	Котельный модуль (блок) размером 10x3,0x3,2 м

10	Блок дымовых труб Ду 300- 3 шт Н=20 м
11	Трубопроводы, запорная арматура и пр.

Внешний вид водогрейного котла Vitoplex SX1 приведен на рисунке 3.1 [31].



Рисунок 3.1 - Внешний вид водогрейного котла Vitoplex SX1

Основные преимущества водогрейного котла Vitoplex SX1:

- экономичный и экологически щадящий режим программируемой теплогенерации с переменной температурой теплоносителя;
- нормативный к.п.д. 94 %;
- при подключении к котлу теплообменника отходящих газов/ воды из нержавеющей стали Vitotrans 333 утилизируется теплота конденсации и нормативный к.п.д. возрастает еще на 12 %;

- трехходовая схема газоходов котлового блока при низкой теплонапряженности камеры сгорания обеспечивает минимальные выделения окислов азота;

- нет никаких ограничений по минимальному расходу тепло-носителя через котел – широкие проходы между жаровыми трубами и большое водонаполнение котлового блока обеспечивают эффективную естественную циркуляцию и гарантированный теплосъем со стороны котловой воды – в результате упрощается гидравлическая стыковка котла с системой;

- высокая продолжительность работы горелки и небольшое число коммутационных интервалов за счет большого водонаполнения котлового блока обеспечивают безвредную для окружающей среды эксплуатацию;

- облегчается подача в котельные благодаря компактности конструкции – важно при модернизации;

- быстроразъемные соединения системы Fastfix упрощают и ускоряют монтаж;

- при температурах срабатывания защитного ограничителя температуры до 110 °С не требуется дополнительная проставка для подающей магистрали, нужные для оборудования подключения находятся на водогрейном котле;

- проходная площадка по верхней части котла облегчает монтаж и техническое обслуживание;

- экономичная и надежная эксплуатация отопительной установки за счет использования цифрового контроллера Vitotronic с функцией информационного обмена. Удовлетворяет любым требованиям, обеспечивает все известные программы регулирования и режимы эксплуатации. Стандартизированная телекоммуникационная шина LONBUS позволяет полностью интегрировать контроллер в домовые системы диспетчерского управления. Возможна интеграция в шкаф управления Vitocontrol.

В таблице 3.3 приведены расчетные значения нагрузки на теплоснабжение общежития №1 и общежития №5.

Таблица 3.3 – Нагрузки на теплоснабжение общежитий №1 и №5

Потребители	Отопление, Гкал/ч	Вентиляция, Гкал/ч	ГВС, Гкал/ч	Общая, Гкал/ч
Общежитие №1	0,090	0,000	0,156	0,246
Общежитие №5	0,090	0,000	0,156	0,246
Итого (Гкал/час)				0,493
Итого (МВт)				0,573
Итого с учетом потерь на собственные нужды 8% (МВт)				0,620

Для теплоснабжения общежитий предлагается установка аналогичной модульной котельной мощностью 0,62 МВт.

В таблице 3.4 приведены предварительные данные в потребностях энергоресурсов ТГУ, в таблице 3.5 приведена спецификация основного оборудования модульной котельной.

Технические характеристики оборудования модульной котельной, рекомендуемой к установке, представлены в таблицах 3.6 – 3.17 [30-34].

Таблица 3.4 – Потребности в ресурсах (предварительные данные)

	ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЯ			ГАЗ		Водопотребление				Водоотведение				
	поз.	Н. час. общ кВт рабочая	Н. час. общ кВт установл	Н. тыс кВт/год	В. час км3/ч	тыс км3/год	м3/ч	м3/сут	л/с	тыс м3/год	м3/ч	м3/сут	л/с	тыс м3/год
		52,03	95,52	10,45	549,73	1306,88	28,82	226,52	8,00	74,75	0,40	4,00	0,11	0,00
К16 К7/1.2	12,00 1,10	12,00 2,20					на ГВС: 13,99							
							на ХВО: 6,00							
							подп 2-го контура 6,83							
К2/1.2	4,00	8,00					собесн нужды							
К5/1-3	22,00	44,00												
К6/1-3	2,20	4,40					2,00							
К8 /1.2 освещение, КПП, смета ЛВО	3,00	6,00												
	3	3												
Модульная котельная ТГУ г. Тольятти.														

Таблица 3.5 - Спецификация основного оборудования модульной котельной мощностью 5,1 МВт

Позиция	Наименование и техническая характеристика	Тип, марка, обозначение документа, опросного листа	Завод-изготовитель	Единица измерения	Количество общ	Кол раб	Масса единицы, кг
K1/1-3	Котел водогрейный жаротрубный 1,75 МВт	Vitoplex 100 Тип SX1	VIESMANN Германия	шт	3	3	3 542
K16/1-3	Газогорелочное устройство GP-140H N=4 кВт	GP-140H	Oilon, Финляндия	компл.	3	3	88
K7/1-2	Насос подпиточный: Подача 5 м ³ /ч Напор 41 м.вод.ст N= 1,1 кВт	MHI 3-	WILO, Германия	компл.	2	1	12.9
K12	Бак запаса воды V=2.5 м ³				1	1	760
K19	Ионообменная установка для умягчения воды 1 ступень	5 м ³ /ч	BWT, Германия	шт	1		250

Продолжение таблицы 3.5

К4/1-2	Пластинчатый теплообменник ГВС Q=0,5МВт Р греющей воды до 6 кгс/см ² , Р нагреваемой воды до 6 кгс/см ² , Т нагреваемой воды 5-55 С° Потери давления в теплообменнике 5 м Т греющей воды 95-70 С°	НН№4А	РИДАН, Россия	шт	2	2	47
К2/1-2	Насос холодной воды: Подача 30 м ³ /ч Напор 25 м.вод.ст N=4 кВт	IPL50/150- 4/2	WILO, Германия	шт.	2	1	44
К5/1-3	Сетевой насос: Подача 130 м ³ /ч Напор 32 м.вод.ст N=22 кВт Т=100 С°	BL 80/165- 22/2	WILO, Германия	шт.	2	1	181

Продолжение таблицы 3.5

К 6/1-3	Насос внутреннего контура ГВС: Подача 45 м ³ /ч Напор 11 мм вод.ст N=2,2 кВт T=100С°	IPL 65/120- 2,2/2	WILO, Германия	шт.	2	1	37
К8/1-2	Насос циркуляции ГВС: Подача 21 м ³ /ч Напор 26 мм вод.ст N=3 Вт	IPL 40/150- 3/2	WILO, Германия	шт.	2	1	35

Таблица 3.6 – Технические характеристики котла Vitoplex 100 типа SX1 [31]

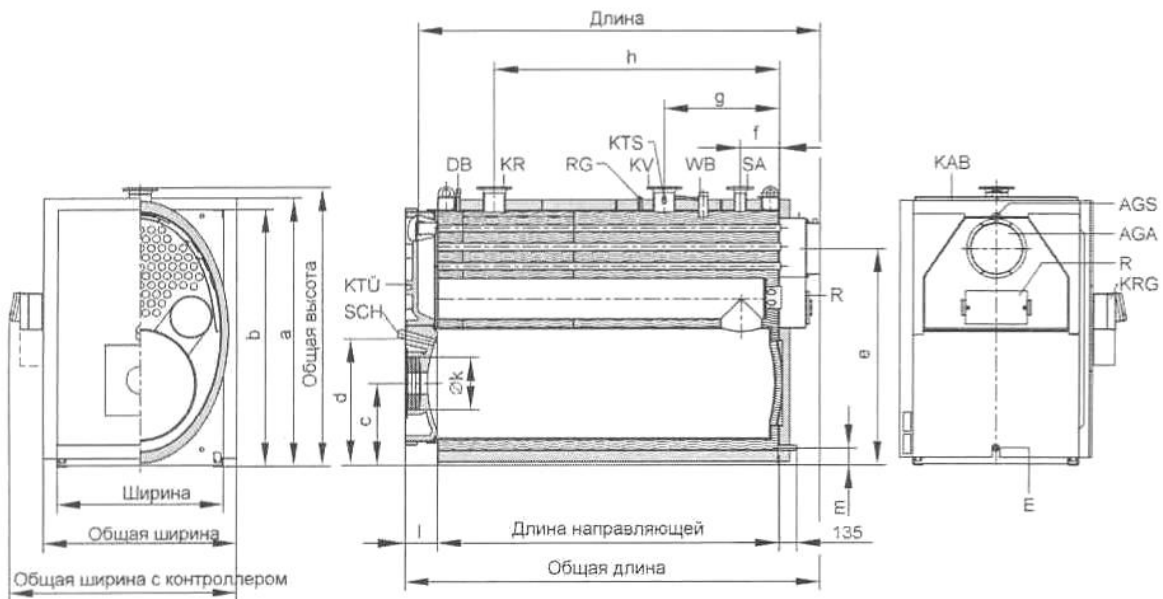
Номинальная тепловая мощность	кВт	575	720	895	1120	1400	1750
Номинальная тепловая нагрузка	кВт	625	782	972	1217	1522	1902
Маркировка CE		см. стр. 8					
Допустимая температура подающей магистрали (= температура срабатывания защитного ограничителя температуры)	°C	см. стр. 8					
Допустимое рабочее давление	бар	6	6	6	6	6	6
Сопrotивление на стороне топочных газов	Па мбар	300 3,0	350 3,5	360 3,6	520 5,2	470 4,7	500 5,0
Размеры котлового блока							
Длина* ¹	мм	2160	2160	2360	2570	2825	3060
Ширина	мм	1080	1080	1175	1175	1280	1280
Габаритные размеры							
Общая длина	мм	2230	2230	2430	2630	2925	3160
Общая ширина							
– с контроллером	мм	1460	1460	1550	1550	1655	1655
– без контроллера	мм	1285	1285	1375	1375	1480	1480
Общая высота (с патрубком)	мм	1695	1695	1955	1955	2145	2145
Высота звукопоглощающих подкладок котла (нагруженных)	мм	37	37	37	37	37	37
Фундамент							
Длина	мм	2000	2100	2200	2400	2600	2800
Ширина	мм	1250	1250	1350	1350	1500	1500
Диаметр камеры сгорания	мм	685	685	780	780	840	840
Длина камеры сгорания	мм	1665	1665	1865	2075	2315	2550
Масса котлового блока	кг	1414	1540	2125	2262	2938	3367
Общая масса водогрейного котла с теплоизоляцией и регулятором котлового контура	кг	1516	1645	2255	2397	3103	3542
Объем котловой воды	л	1033	935	1398	1531	2040	2131
Присоединительные патрубки водогрейного котла							
Патрубки подающей и обратной магистрали котла	PN 6 DN	100	100	125	125	150	150
Патрубок аварийной линии (предохранительный клапан)	PN 16 DN	40	40	50	50	65	65
Выпускной вентиль	R	1¼	1¼	1¼	1¼	1¼	1¼
Параметры отходящего газа*²							
Температура (при температуре котловой воды 60 °C)							
– при номинальной тепловой мощности	°C	185	185	185	185	185	185
– при частичной нагрузке	°C	125	125	125	125	125	125
Температура (при температуре котловой воды 80 °C)	°C	195	195	195	195	195	195
Массовый расход (при использовании легкого котельного топлива EL и природного газа)							

*¹ при снятой установочной плите для горелки.

*² Расчетные значения для проектирования газораспределительной системы по EN 13384 в расчете на содержание 13 % CO₂ при использовании легкого котельного топлива EL и 10 % CO₂ при использовании природного газа. Общие результаты измерения температуры отходящих газов при температуре воздуха для сжигания топлива 20 °C. Параметры для частичной нагрузки приведены для нагрузки в размере 60 % от номинальной тепловой мощности. При другой величине частичной нагрузки (в зависимости от режима работы горелки) рассчитать массовый расход отходящих газов соответствующим образом. Температура отходящих газов при температуре котловой воды 60 °C, используется при расчете параметров газораспределительной системы. Температура отходящих газов при температуре котловой воды 80 °C служит для определения области применения газоходов при максимально допустимых рабочих температурах.

Продолжение таблицы 3.6

Номинальная тепловая мощность	кВт	575	720	895	1120	1400	1750
– при номинальной тепловой мощности	кг/ч	958	1204	1490	1870	2340	2910
– при частичной нагрузке	кг/ч	575	722	895	1120	1400	1750
Требуемый напор	Па/мбар	0	0	0	0	0	0
Патрубок подсоединения газохода	Ø мм	250	250	300	300	400	400
Объем газа	м ³	0,98	1,01	1,47	1,64	2,23	2,51
Камера сгорания и газоходы							
Нормативный к.п.д. при температуре отопительной системы 75/60 °С	%	94	94	94	94	94	94
Потери на поддержание готовности $q_{в.70}$	%	0,18	0,15	0,13	0,13	0,12	0,12



AGA Вытяжка отходящих газов
 AGS Муфта R ½ для датчика температуры отходящих газов
 DB Муфта R ½ для устройства ограничения максимального давления
 E Выпускной вентиль
 KAB Проходная площадка по верхней части котла
 KR Патрубок обратной магистрали котла
 KRG Контроллер котлового контура
 KTS Датчик температуры котловой воды (изображен со смещением)

KTÜ Установочная плита для горелки
 KV Патрубок подающей магистрали котла
 R Отверстие для чистки
 RG Муфта R ½ для дополнительных регулирующих устройств
 SA Патрубок аварийной линии (предохранительный клапан)
 SCH Смотровое отверстие
 WB Муфта R 2 для контроллера заполнения котлового блока водой

Таблица размеров

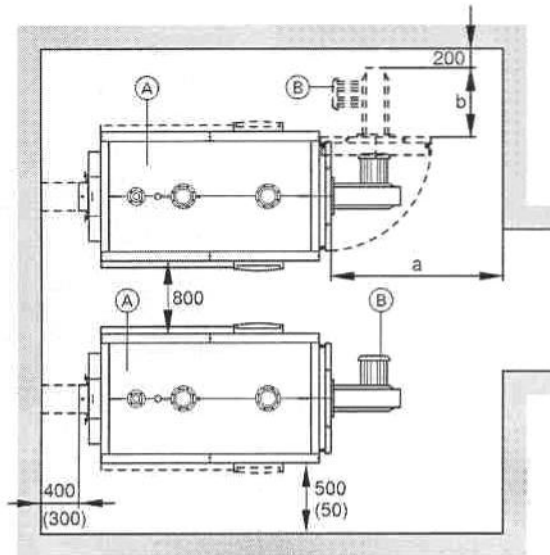
Номинальная тепловая мощность	кВт	575	720	895	1120	1400	1750
a	мм	1615	1615	1889	1889	2065	2065
b	мм	1528	1528	1792	1792	1978	1978
c	мм	550	550	604	604	625	625
d	мм	823	823	925	925	970	970
e	мм	1290	1290	1524	1524	1665	1665
f	мм	258	258	287	287	299	299
g	мм	728	728	787	787	879	879
h	мм	1371	1371	1525	1735	1944	2179
k	Ø мм	350	350	400	400	400	400
l	мм	212	212	212	212	247	247
m	мм	127	127	127	127	129	129

Продолжение таблицы 3.6

Номинальная тепловая мощность	кВт	575	720	895	1120	1400	1750
Длина направляющих	мм	1727	1727	1927	2137	2375	2610

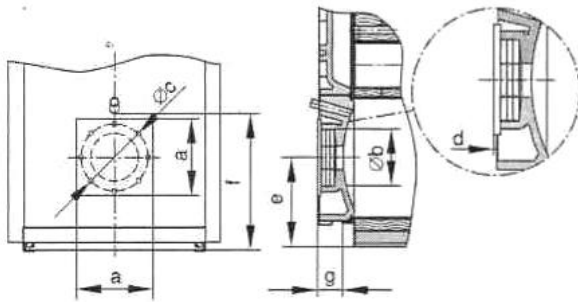
Контроллер Vitotronic может быть установлен на водогрейном котле по выбору справа или слева.
 При затруднениях с подачей котла на место установки можно снять установочную плиту для горелки.

Монтаж



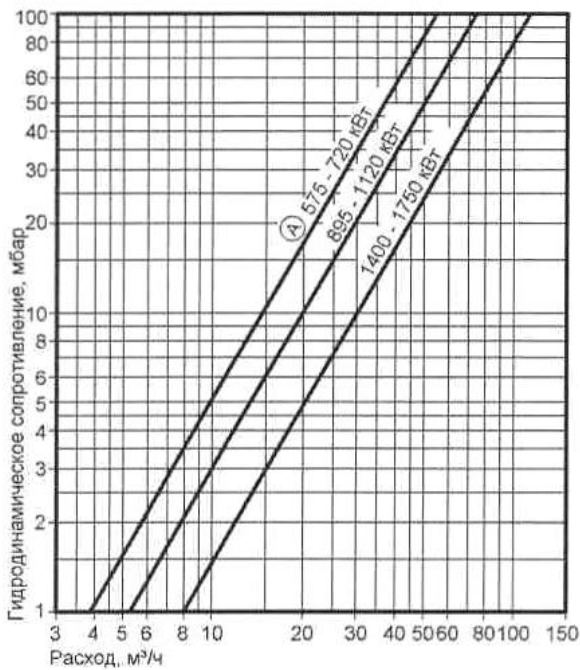
- Ⓐ Водогрейный котел
- Ⓑ Горелка

При монтаже котла не допускается загрязнение воздуха галогеносодержащими углеродами, не допускается сильное запыление, не допускается высокая влажность воздуха, необходимо обеспечить защиту от замерзания и надлежащую вентиляцию. Монтаж горелки осуществляется на поворотной установочной плите горелки. Горелка должна быть смонтирована на дополнительной плите горелки.



Номинальная тепловая мощность	кВт	575	720	895	1120	1400	1750
a	мм	450	450	540	540	540	540
b	мм	350	350	400	400	400	400
c	Ø мм	412	412	490	490	490	490
d	мм	12	12	15	15	15	15
e	мм	550	550	604	604	625	625
f	мм	823	823	925	925	970	970
g	мм	180	180	183	183	188	188

Гидродинамическое сопротивление на стороне греющего контура



Водогрейный котел Vitorplex 100 пригоден только для систем водяного отопления с принудительной циркуляцией.

Ⓐ Номинальная тепловая мощность

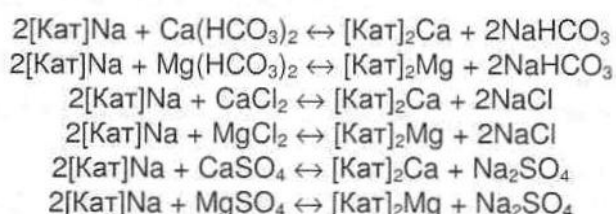
Таблица 3.7 – Установка умягчения воды непрерывного действия RNDOMAT E DWZ. Комплект поставки [33]

Наименование	Ед.изм.	Кол-во
Корпус фильтра, выполненный из пищевого пластика, армированного стекловолокном	Шт.	2
Центральный вертикальный коллектор с нижним дренажным колпачком	Шт.	2
Автоматический блок управления (в комплекте с водосчетчиком и оголовком)	К-т	1
Гибкая подводка для соединения фильтров с комплектом фиттингов	Шт.	2
Верхнее дренажное устройство (колпачок)	Шт.	2
Бак-солерастворитель (в комплекте с соединительной трубкой и соединительными фиттингами)	К-т	1
Сильнокислотный катионит в Na-форме	К-т	2

Все комплектующие изделия, контактирующие с водой, выполнены из коррозионно-стойких материалов и пригодны для применения в хозяйственно-питьевом водоснабжении.

Установки RNDOMAT предназначены для умягчения воды, используемой для хозяйственно-питьевых нужд в системах отопления и горячего водоснабжения, для подпитки котельных установок в технологических линиях пищевых производств.

Умягчение воды на установках RNDOMAT осуществляется методом натрий-катионирования при фильтровании исходной воды через слой катионита. При фильтровании воды через слой катионита происходят следующие реакции обмена катионов:



В установках RNDOMAT используются сильнокислые катиониты в Na-форме с полной обменной емкостью не менее 1,9 г·экв/л.

Установки RNDOMAT работают в непрерывном режиме, т.е. во время, как один из фильтров находится в рабочем режиме, второй проходит регенерацию или находится в режиме ожидания. Сигнал к началу регенерации поступает со встроенного водосчетчика, регистрирующего объем воды, прошедшей через установку. Работа установки RNDOMAT E DWZ полностью автоматизирована и не требует обслуживающего персонала.

Таблица 3.8 – Установка умягчения воды непрерывного действия RNDOMAT E DWZ. Технические характеристики [33]

RNDOMAT E DWZ:	50	100	200	300
Присоединительный размер (внутренняя резьба) DN, мм	25	25	25	25
Номинальная производительность, м ³ /час	1,0	1,5	2,0	3,0
Максимальная производительность, м ³ /час	2,0	2,5	3,0	3,5
Перепад давления при номинальной производительности, бар	1,0	1,2	1,5	1,6
Перепад давления при максимальной производительности, бар	1,5	1,9	2,1	2,5
Рабочая обменная емкость установки*, г-экв	2 x 17,8 (2 x 11,8)*	2 x 35,7 (2 x 23,8)	2 x 71,4 (2 x 47,6)	2 x 107,1 (2 x 71,4)
Рабочая обменная емкость установки*, м ³ x d ^o	2 x 50 (2 x 33)	2 x 100 (2 x 66)	2 x 200 (2 x 133)	2 x 300 (2 x 200)
Фильтроцикл установки при жесткости исходной воды 15 d ^o (5,4 мг-экв/л), м ³	3	6	12	18
Ориентировочный расход поваренной соли на одну регенерацию установки*, кг	2,2 (4,1)	5,0 (9,4)	10,5 (19,7)	15,5 (29,1)
Объем заливаемой воды в бак-солерастворитель*, л	6,3 (11,7)	14,3 (26,8)	30 (56,3)	44,3 (83,14)
Объем катионита, л	2 x 17	2 x 28	2 x 58	2 x 86
Общая ширина (А), мм	1140	1190	1470	1620
Общая глубина (В), мм	470	470	650	650
Общая высота (Н), мм	1060	1295	1560	1560
№ заказа	11155	11156	11157	11158

* - В скобках указаны значения, если установка RNDOMAT E DWZ используется на второй ступени умягчения.

Таблица 3.9 – Установка умягчения воды непрерывного действия RNDOMAT E DWZ. Рекомендуемая продолжительность отдельных стадий регенерации

RNDOMAT 95 E DWZ (SE):	50	100	200	300
Обратная промывка, мин	10	10	10	10
Обработка раствором соли и медленная отмывка, мин	70 (90)*	70 (90)	70 (90)	70 (90)
Быстрая прямоточная промывка, мин	10 (20)	10 (20)	10 (20)	10 (20)
Заполнение водой бака-солерастворителя, мин	Время необходимое для залива в бак-солерастворитель требуемого количества воды (см. таблицу 2 раздел 5).			

* - В скобках указаны значения, если установка RNDOMAT E DWZ используется на второй ступени умягчения.

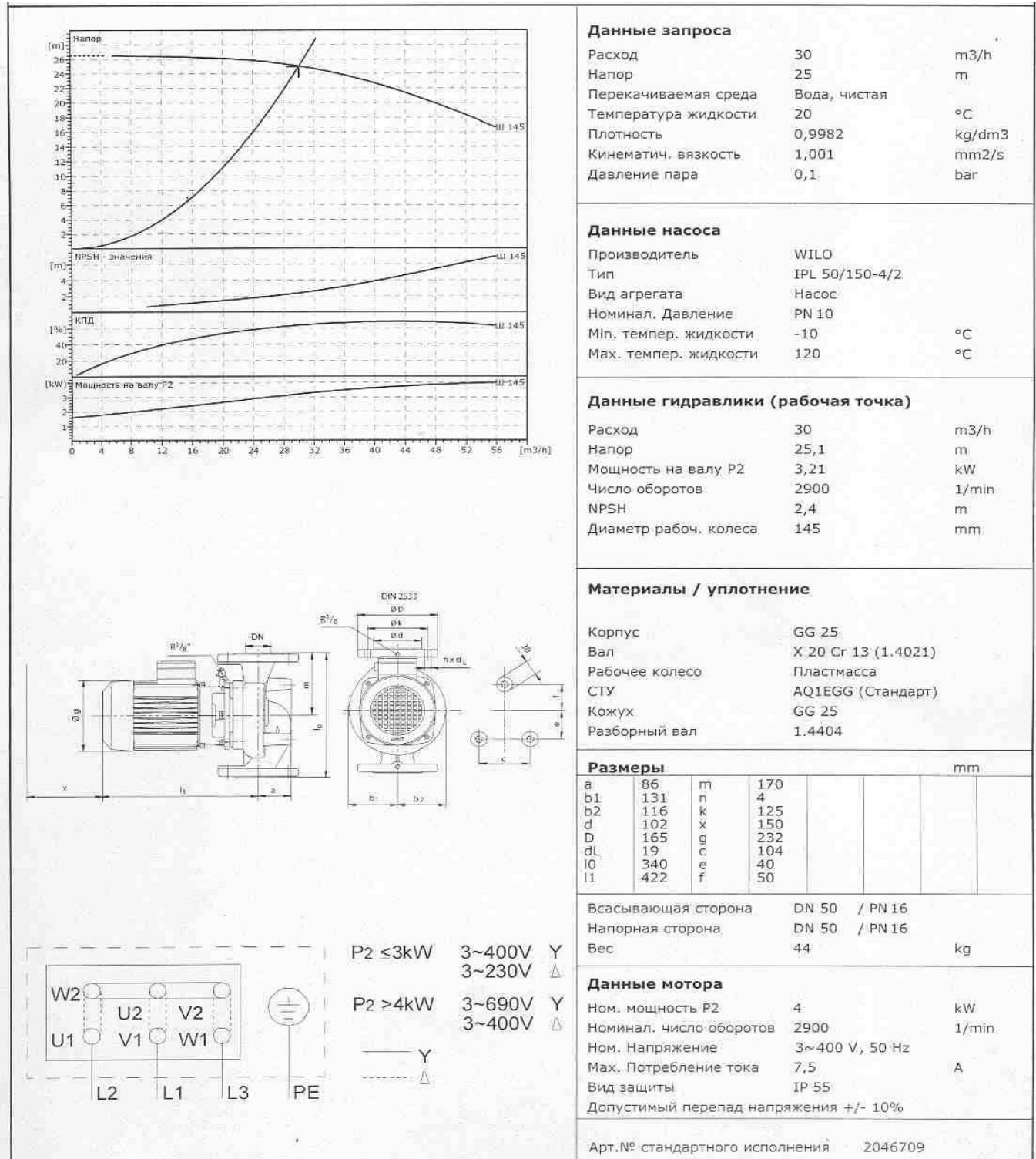
Таблица 3.10 – Технические характеристики газовой горелки [32]

Горелка	GP-130 T	GP-140 H	GP-140 T
Мощность, кВт	390 - 1500	410 - 2350	410 - 2350
Двигатель горелки 3~, 400 В, 50 Гц			
Мощность, кВт	3,0	4,0	4,0
Ток, А	6,2	8,7	8,7
Число оборотов, об/мин	2880	2900	2900
Программное реле	LFL1.322	LFL1.322	LFL1.322

Горелка	GP-150 H	GP-150 T
Мощность, кВт	950 - 2700	450 - 2700
Двигатель горелки 3~, 400 В, 50 Гц		
Мощность, кВт	5,5	5,5
Ток, А	11,1	11,1
Число оборотов, об/мин	2910	2910
Программное реле	LFL1.322	LFL1.322

Природный газ $1 \text{ м}^3 \approx 10 \text{ кВт}$. Давление газа на входе в горелку допускается до 360 мбар (с клапаном MB-ZRDLE).

Таблица 3.11 – Технические характеристики насоса холодной воды IPL 50/150-4/2



Данные запроса

Расход	30	m3/h
Напор	25	m
Перекачиваемая среда	Вода, чистая	
Температура жидкости	20	°C
Плотность	0,9982	kg/dm3
Кинематич. вязкость	1,001	mm2/s
Давление пара	0,1	bar

Данные насоса

Производитель	WILO	
Тип	IPL 50/150-4/2	
Вид агрегата	Насос	
Номинал. Давление	PN 10	
Min. темпер. жидкости	-10	°C
Max. темпер. жидкости	120	°C

Данные гидравлики (рабочая точка)

Расход	30	m3/h
Напор	25,1	m
Мощность на валу P2	3,21	kW
Число оборотов	2900	1/min
NPSH	2,4	m
Диаметр рабоч. колеса	145	mm

Материалы / уплотнение

Корпус	GG 25
Вал	X 20 Cr 13 (1.4021)
Рабочее колесо	Пластмасса
СТУ	AQ1EGG (Стандарт)
Кожух	GG 25
Разборный вал	1.4404

Размеры

				mm	
a	86	m	170		
b1	131	n	4		
b2	116	k	125		
d	102	x	150		
D	165	g	232		
dL	19	s	104		
l0	340	e	40		
l1	422	f	50		

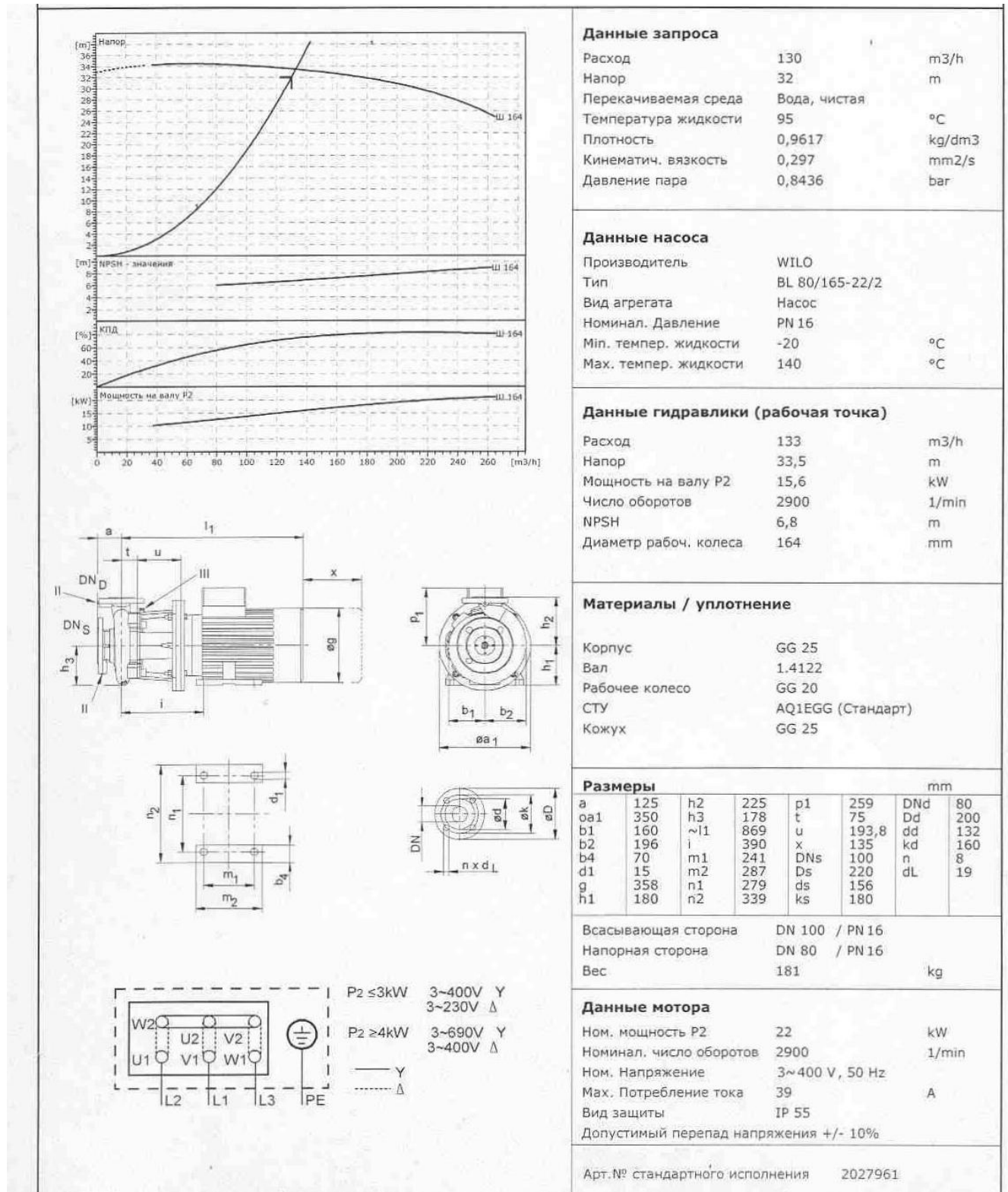
Всасывающая сторона	DN 50 / PN 16
Напорная сторона	DN 50 / PN 16
Вес	44 kg

Данные мотора

Ном. мощность P2	4	kW
Номинал. число оборотов	2900	1/min
Ном. Напряжение	3~400 V, 50 Hz	
Max. Потребление тока	7,5	A
Вид защиты	IP 55	
Допустимый перепад напряжения +/-	10%	

Арт.№ стандартного исполнения 2046709

Таблица 3.12 – Технические характеристики сетевого насоса BL 80/165-22/2



Данные запроса

Расход	130	m ³ /h
Напор	32	m
Перекачиваемая среда	Вода, чистая	
Температура жидкости	95	°C
Плотность	0,9617	kg/dm ³
Кинематич. вязкость	0,297	mm ² /s
Давление пара	0,8436	bar

Данные насоса

Производитель	WILO	
Тип	BL 80/165-22/2	
Вид агрегата	Насос	
Номинал. Давление	PN 16	
Min. темпер. жидкости	-20	°C
Max. темпер. жидкости	140	°C

Данные гидравлики (рабочая точка)

Расход	133	m ³ /h
Напор	33,5	m
Мощность на валу P2	15,6	kW
Число оборотов	2900	1/min
NPSH	6,8	m
Диаметр рабоч. колеса	164	mm

Материалы / уплотнение

Корпус	GG 25
Вал	1.4122
Рабочее колесо	GG 20
СТУ	AQ1EGG (Стандарт)
Кожух	GG 25

Размеры

							mm	
a	125	h2	225	p1	259	DNd	80	
oa1	350	h3	178	t	75	Dd	200	
b1	160	~1	869	u	193,8	dd	132	
b2	196	i	390	x	135	kd	160	
b4	70	m1	241	DNs	100	n	8	
d1	15	m2	287	Ds	220	dL	19	
g	358	n1	279	ds	156			
h1	180	n2	339	ks	180			

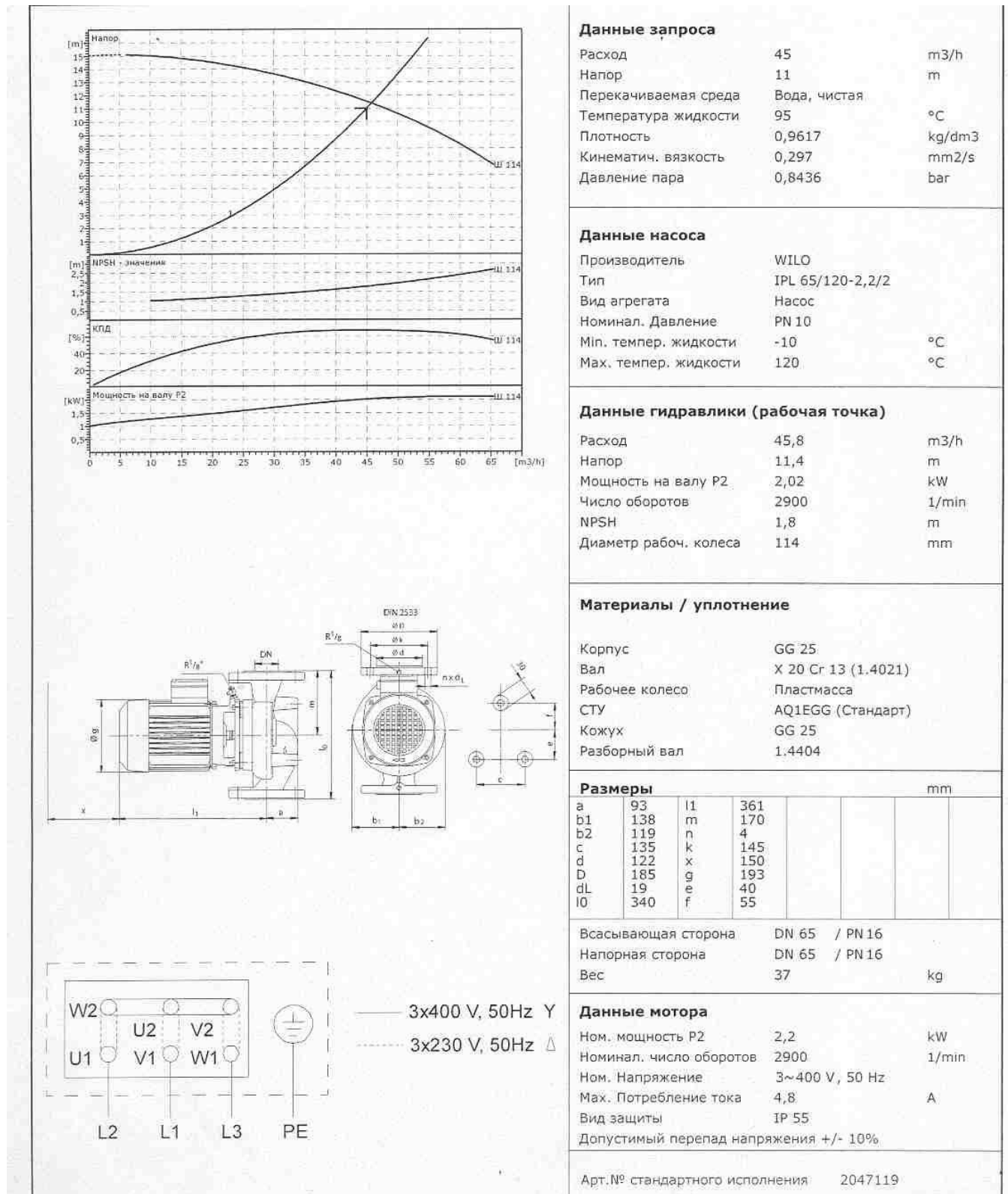
Всасывающая сторона	DN 100 / PN 16
Напорная сторона	DN 80 / PN 16
Вес	181 kg

Данные мотора

Ном. мощность P2	22	kW
Номинал. число оборотов	2900	1/min
Ном. Напряжение	3~400 V, 50 Hz	
Max. Потребление тока	39	A
Вид защиты	IP 55	
Допустимый перепад напряжения +/- 10%		

Арт.№ стандартного исполнения 2027961

Таблица 3.13 – Технические характеристики насоса внутреннего контура ГВС IPL 65/120-2,2/2



Данные запроса

Расход	45	m ³ /h
Напор	11	m
Перекачиваемая среда	Вода, чистая	
Температура жидкости	95	°C
Плотность	0,9617	kg/dm ³
Кинематич. вязкость	0,297	mm ² /s
Давление пара	0,8436	bar

Данные насоса

Производитель	WILO	
Тип	IPL 65/120-2,2/2	
Вид агрегата	Насос	
Номинал. Давление	PN 10	
Мин. темпер. жидкости	-10	°C
Мак. темпер. жидкости	120	°C

Данные гидравлики (рабочая точка)

Расход	45,8	m ³ /h
Напор	11,4	m
Мощность на валу P ₂	2,02	kW
Число оборотов	2900	1/min
NPSH	1,8	m
Диаметр рабоч. колеса	114	mm

Материалы / уплотнение

Корпус	GG 25
Вал	X 20 Cr 13 (1.4021)
Рабочее колесо	Пластмасса
СТУ	AQ1EGG (Стандарт)
Кожух	GG 25
Разборный вал	1.4404

Размеры

				mm			
a	93	l1	361				
b1	138	m	170				
b2	119	n	4				
c	135	k	145				
d	122	x	150				
D	185	g	193				
dL	19	e	40				
l0	340	f	55				

Всасывающая сторона	DN 65 / PN 16	
Напорная сторона	DN 65 / PN 16	
Вес	37	kg

Данные мотора

Ном. мощность P ₂	2,2	kW
Номинал. число оборотов	2900	1/min
Ном. Напряжение	3~400 V, 50 Hz	
Мак. Потребление тока	4,8	A
Вид защиты	IP 55	
Допустимый перепад напряжения +/- 10%		

Арт. № стандартного исполнения: 2047119

Таблица 3.14 – Технические характеристики насоса MNL 405/3

	<p>Данные запроса</p> <table border="0"> <tr><td>Расход</td><td>5</td><td>m³/h</td></tr> <tr><td>Напор</td><td>40</td><td>m</td></tr> <tr><td>Перекачиваемая среда</td><td>Вода, чистая</td><td></td></tr> <tr><td>Температура жидкости</td><td>20</td><td>°C</td></tr> <tr><td>Плотность</td><td>0,9982</td><td>kg/dm³</td></tr> <tr><td>Кинематич. вязкость</td><td>1,001</td><td>mm²/s</td></tr> <tr><td>Давление пара</td><td>0,1</td><td>bar</td></tr> </table>	Расход	5	m ³ /h	Напор	40	m	Перекачиваемая среда	Вода, чистая		Температура жидкости	20	°C	Плотность	0,9982	kg/dm ³	Кинематич. вязкость	1,001	mm ² /s	Давление пара	0,1	bar															
Расход	5	m ³ /h																																			
Напор	40	m																																			
Перекачиваемая среда	Вода, чистая																																				
Температура жидкости	20	°C																																			
Плотность	0,9982	kg/dm ³																																			
Кинематич. вязкость	1,001	mm ² /s																																			
Давление пара	0,1	bar																																			
	<p>Данные насоса</p> <table border="0"> <tr><td>Производитель</td><td>WILO</td><td></td></tr> <tr><td>Тип</td><td>MNL 405 3~</td><td></td></tr> <tr><td>Вид агрегата</td><td>Насос</td><td></td></tr> <tr><td>Номинал. Давление</td><td>PN 10</td><td></td></tr> <tr><td>Мин. темпер. жидкости</td><td>-15</td><td>°C</td></tr> <tr><td>Мах. темпер. жидкости</td><td>110</td><td>°C</td></tr> </table>	Производитель	WILO		Тип	MNL 405 3~		Вид агрегата	Насос		Номинал. Давление	PN 10		Мин. темпер. жидкости	-15	°C	Мах. темпер. жидкости	110	°C																		
Производитель	WILO																																				
Тип	MNL 405 3~																																				
Вид агрегата	Насос																																				
Номинал. Давление	PN 10																																				
Мин. темпер. жидкости	-15	°C																																			
Мах. темпер. жидкости	110	°C																																			
	<p>Данные гидравлики (рабочая точка)</p> <table border="0"> <tr><td>Расход</td><td>5,09</td><td>m³/h</td></tr> <tr><td>Напор</td><td>41,5</td><td>m</td></tr> <tr><td>Число оборотов</td><td>2900</td><td>1/min</td></tr> <tr><td>Мощность на валу P2</td><td>0,977</td><td>kW</td></tr> <tr><td>NPSH</td><td>0,833</td><td>m</td></tr> </table>	Расход	5,09	m ³ /h	Напор	41,5	m	Число оборотов	2900	1/min	Мощность на валу P2	0,977	kW	NPSH	0,833	m																					
Расход	5,09	m ³ /h																																			
Напор	41,5	m																																			
Число оборотов	2900	1/min																																			
Мощность на валу P2	0,977	kW																																			
NPSH	0,833	m																																			
	<p>Материалы / уплотнение</p> <table border="0"> <tr><td>Корпус насоса</td><td>1,4301</td><td></td></tr> <tr><td>Вал</td><td>1,4301</td><td></td></tr> <tr><td>Рабочее колесо</td><td>1,4301</td><td></td></tr> <tr><td>СТУ</td><td>В-Графит/Керамика</td><td></td></tr> </table>	Корпус насоса	1,4301		Вал	1,4301		Рабочее колесо	1,4301		СТУ	В-Графит/Керамика																									
Корпус насоса	1,4301																																				
Вал	1,4301																																				
Рабочее колесо	1,4301																																				
СТУ	В-Графит/Керамика																																				
	<p>Размеры mm</p> <table border="1"> <tr><td>A</td><td>253</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>B</td><td>87,5</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>C</td><td>423</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>D</td><td>192</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>E</td><td>90</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>G</td><td>158</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>	A	253					B	87,5					C	423					D	192					E	90					G	158				
A	253																																				
B	87,5																																				
C	423																																				
D	192																																				
E	90																																				
G	158																																				
	<table border="0"> <tr><td>Всасывающая сторона</td><td>Rp 1 1/4 / PN 0</td><td></td></tr> <tr><td>Напорная сторона</td><td>Rp 1 / PN 0</td><td></td></tr> <tr><td>Вес</td><td>12,9</td><td>kg</td></tr> </table>	Всасывающая сторона	Rp 1 1/4 / PN 0		Напорная сторона	Rp 1 / PN 0		Вес	12,9	kg																											
Всасывающая сторона	Rp 1 1/4 / PN 0																																				
Напорная сторона	Rp 1 / PN 0																																				
Вес	12,9	kg																																			
	<p>Данные мотора</p> <table border="0"> <tr><td>Ном. мощность P2</td><td>1,1</td><td>kW</td></tr> <tr><td>Номинал. число оборотов</td><td>2900</td><td>1/min</td></tr> <tr><td>Ном. Напряжение</td><td>3~400 V, 50 Hz</td><td></td></tr> <tr><td>Мах. Потребление тока</td><td>3,1</td><td>A</td></tr> <tr><td>Вид защиты</td><td>IP 54</td><td></td></tr> <tr><td>Допустимый перепад напряжения</td><td colspan="2">+/- 10%</td></tr> </table>	Ном. мощность P2	1,1	kW	Номинал. число оборотов	2900	1/min	Ном. Напряжение	3~400 V, 50 Hz		Мах. Потребление тока	3,1	A	Вид защиты	IP 54		Допустимый перепад напряжения	+/- 10%																			
Ном. мощность P2	1,1	kW																																			
Номинал. число оборотов	2900	1/min																																			
Ном. Напряжение	3~400 V, 50 Hz																																				
Мах. Потребление тока	3,1	A																																			
Вид защиты	IP 54																																				
Допустимый перепад напряжения	+/- 10%																																				
	<table border="0"> <tr><td>Арт.№ стандартного исполнения</td><td>4024299</td></tr> </table>	Арт.№ стандартного исполнения	4024299																																		
Арт.№ стандартного исполнения	4024299																																				

Таблица 3.15 – Технические характеристики насоса циркуляции ГВС IPL 40/150-3/2

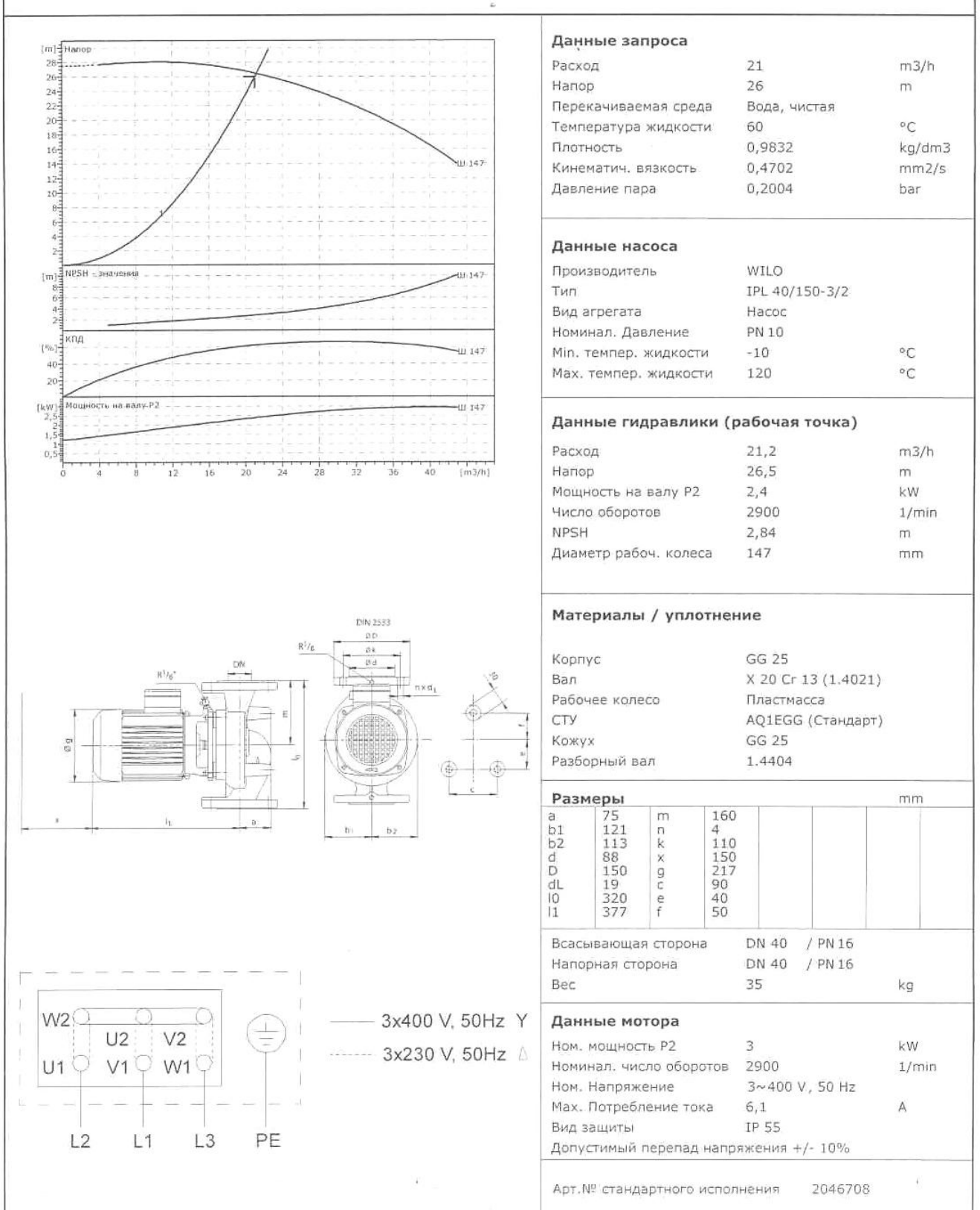


Таблица 3.16 – Технические характеристики теплообменников на ГВС НН№4А [34]

Тип ПТО	НН№4А-IG16-12-TL-LIQUID	
	Гор. сторона	Хол. сторона
Среда	Water	Water
Расход объемный, л/ч	1768	787
Температура на входе, °С	95,00	5,00
Температура на выходе, °С	70,00	60,00
Потери давления, м.вод.ст.	1,23	0,46
Тепловая нагрузка, Ккал/ч	43000	
Запас площади поверхности, %	62,9	
К-теплопередачи, расч./треб., Ккал/м ² *ч*К	2113 / 3441	
Поверхность теплообмена, м ²	0,42	
Число пластин, шт.	12	
Компоновка гор. каналов	1 × 6	
Компоновка хол. каналов	1 × 5	
Материал пластин	0.5 mm AISI 316	
Материал прокладок	EPDM SONDER LOCK (S)	
Макс. рабочая температура, °С	150	
Рабочее/тестовое давление, кгс/см ²	16,00 / 20,80	
Тип рамы	№ 1	
Пагрубки	DN 32	
Вес нетто, кг	47	

Теплообменник пластинчатый НН№4А предназначен для использования в качестве нагревателя/охладителя в системах тепло - холодоснабжения. Область применения – системы водоснабжения и отопления в небольших объектах промышленности, детских садах, жилых и административных зданиях.

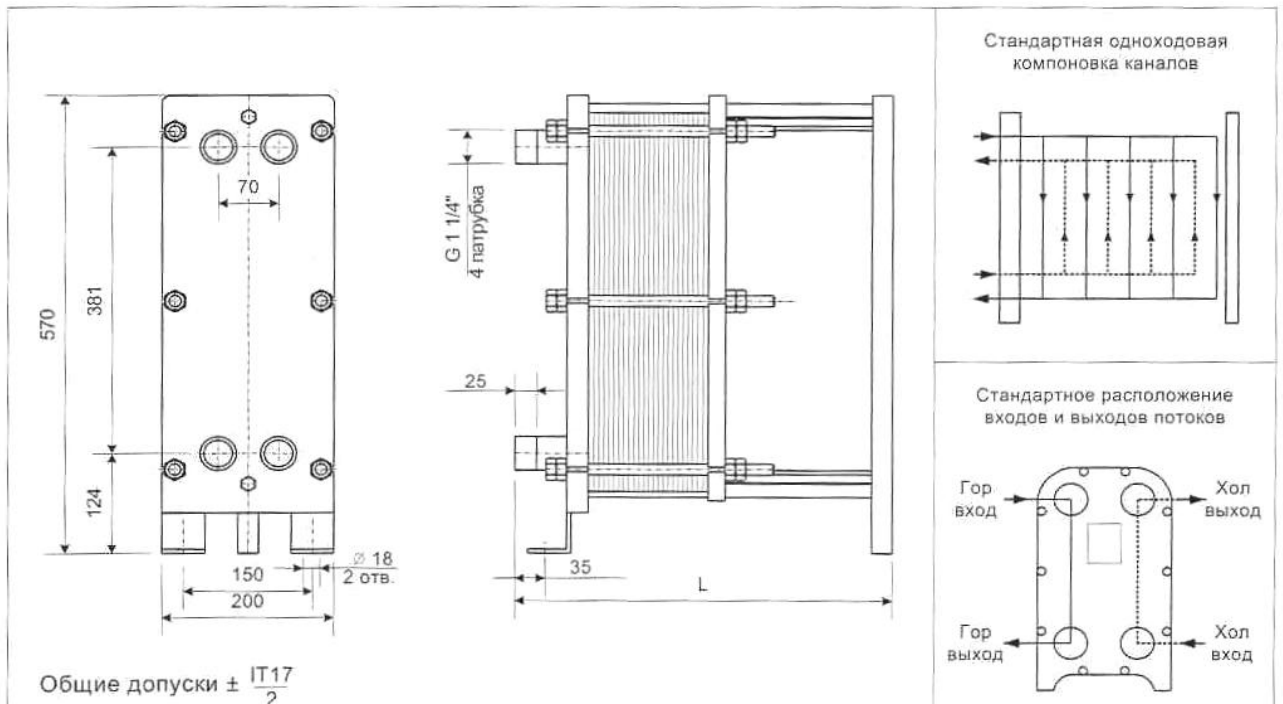


Рисунок 3.2 - Теплообменник пластинчатый HNH4A

Таблица 3.17 – Характеристики теплообменника пластинчатого HNH4A [34]

ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕПЛООБМЕННИКА							
Обозначение теплообменника	L, мм.	Масса, кг.	Р _{раб.} МПа	Р _{исп.} МПа	t _{max.} °С	Количество пластин	Макс. площадь теплобмена, м ²
HNH04-TO16/1	342	55-60	1,6	2,1	150	11-34	1,3
HNH04-TO16/2	422	60-63				35-52	2,0
HNH04-TO16/3	592	63-71				53-90	3,5

Толщина пластины, мм	0,5
Тип рифления пластин	TL
Материал пластин	Коррозионно-стойкая жаропрочная сталь AISI 316
Материал прокладок	резина EPDM, безклеевая

Расположение патрубков	С лицевой стороны
Присоединительные размеры	G 1 1/4" (наружная трубная цилиндрическая)
Кол-во / размер стяжек	6 / M16
Ном. диапазон расходов, т/ч	0,3 - 8,0
Ном. диапазон мощностей, кВт	10 - 150

3.2 Определение экономических показателей проекта

3.2.1 Вариант 1 - установка котельного модуля

Исходными данными для определения экономических показателей проекта являются данные по стоимости и техническим характеристикам выбранного оборудования.

Стоимость котельного модуля мощностью 5,25 МВт, включая строительно-монтажные и пусконаладочные работы, составляет $K=8\,843\,000$ руб. (по коммерческому предложению ООО «ТеСТИМ»).

Годовой объем потребления газа составляет $W_{\text{газ}} = 1307$ тыс.м³. Стоимость 1 м³ газа составляет $C_{0\text{ газ}} = 6,45$ руб./м³ [35]. Годовые затраты на потребление газа

$$C_{\text{газ}} = W_{\text{газ}} \cdot C_{0\text{ газ}};$$

$$C_{\text{газ}} = 1307000 \cdot 6,45 = 8430150 \text{ руб.}$$

Мощность собственных нужд мини-ТЭЦ составляет 44,3 кВт. Стоимость 1 кВт·ч электроэнергии составляет $C_{0\text{ эл.эн}} = 3,44$ руб. / кВт·ч [35]. Годовые затраты на электроэнергию при 4380 часах отопительного периода в год

$$C_{\text{эл.эн.}} = W_{\text{эл.эн.}} \cdot C_{0\text{ эл.эн.}};$$

$$C_{\text{эл.эн.}} = 44,3 \cdot 4380 \cdot 3,44 = 667476,96 \text{ руб.}$$

Срок службы котельного оборудования по данным производителя не менее 20 лет. Норма амортизации оборудования составляет $p = 1/(20 \cdot 12) = 0,04$. Затраты на амортизацию оборудования

$$C_{\text{аморт}} = K \cdot p;$$

$$C_{\text{аморт}} = 8843000 \cdot 0,04 \cdot 1 = 353720 \text{ руб.}$$

Общие материальные затраты

$$C_{\text{мат}} = C_{\text{газ}} + C_{\text{эл.эн.}} + C_{\text{аморт}} ;$$

$$C_{\text{мат}} = 8430150 + 667476,96 + 353720 = 9451346,96 \text{ руб.}$$

В соответствии с расчетными и исходными данными расход тепла в котельной за год $Q_{\text{кот}} = 20808$ Гкал. Стоимость 1 Гкал от поставщика составляет $C_{0 \text{ тепл}} = 1053$ руб./Гкал [35].

Себестоимость 1 Гкал производимой котельной тепловой энергии

$$C_{\text{себ.собст}} = C_{\text{мат}} / Q_{\text{кот}} ;$$

$$C_{\text{себ.собст}} = 9451346,96 / 20808 = 454 \text{ руб./Гкал.}$$

Таким образом, разница в стоимости 1 Гкал, получаемой на собственной котельной, и стоимости 1 Гкал, покупаемой у поставщика

$$\Delta C_{\text{себ.}} = C_{0 \text{ тепл}} - C_{\text{себ.собст}}$$

$$\Delta C_{\text{себ.}} = 1053 - 454 = 599 \text{ руб./Гкал.}$$

Разница в год составит

$$\Delta \text{Э}_{\text{год}} = \Delta C_{\text{себ.}} \cdot T_{\text{год}} ;$$

$$\Delta \text{Э}_{\text{год}} = 599 \cdot 20808 = 12463992 \text{ руб. /год.}$$

Срок окупаемости котельной (не дисконтируемый)

$$T_{\text{кот}} = C_{\text{мат}} / \Delta \text{Э}_{\text{год}}$$

$$T_{\text{кот}} = 9451346,96 / 12463992 = 0,75 \text{ года.}$$

Основные экономические показатели проекта представлены в таблице 3.18.

Таблица 3.18 – Основные экономические показатели проекта (вариант 1)

Показатель	Ед. изм.	Значение
Стоимость оборудования котельной	руб.	8 843 000
Затраты на потребление газа	руб./год	8430150
Затраты на электроэнергию	руб./год	667476,96
Амортизационные отчисления	руб./год	353720
Общие материальные затраты	руб./год	3419876
Себестоимость 1 Гкал/час производимой тепловой энергии	руб.	454
Стоимость 1 Гкал/час покупаемой тепловой энергии	руб.	1053
Срок окупаемости (не дисконтируемый)	год	0,75
Экономия за счет снижения затрат на тепловую энергию	руб./год	12463992

3.2.2 Вариант 2 - установка мини-ТЭЦ

Исходными данными для определения экономических показателей проектируемой мини-ТЭЦ являются данные по стоимости и техническим характеристикам подобранного оборудования.

Капитальные затраты на строительство мини-ТЭЦ электрической мощностью 593 кВт в среднем по Самарской области составляют

$$K = W \cdot K_{уд};$$

$$K = 593 \cdot 28000 = 16\,604\,000 \text{ руб.},$$

где $K_{уд} = 28000$ – капитальные затраты на ввод в эксплуатацию 1 кВт установленной электрической мощности.

Однако при этом выработка тепловой мощности составит 870 кВт, что в 6 раз меньше требуемой, поэтому нужно учитывать величину затрат на строительство дополнительных котлов

$$K_{\text{доп.кот.}} = (5,25 - 0,87) \cdot 8843000 / 5,25 = 7\,377\,589 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{кап.затр.}} = 16604000 + 7377589 = 23\,977\,589 \text{ руб.}$$

Годовой объем потребления газа составляет 1500 тыс.м³. Стоимость 1 м³ газа составляет $C_{0 \text{ газ}} = 6,45 \text{ руб./м}^3$ [35]. Годовые затраты на потребление газа:

$$C_{\text{газ}} = 1500000 \cdot 6,45 = 9675000 \text{ руб.}$$

Эксплуатация мини-ТЭЦ в летний период нецелесообразна, поэтому рассмотрим работу мини-ТЭц с учётом отключения её во время неотопляемого периода (с мая по октябрь включительно).

Стоимость 1 кВт·ч электроэнергии составляет $C_{0 \text{ эл.эн}} = 3,44 \text{ руб. / кВт}\cdot\text{ч}$ [35]. Затраты на электроэнергию во время неотопительного периода, с учётом, что потребление электроэнергии корпусами ТГУ за период с мая 2014 г. по октябрь 2015 г. составляет 1 271 675,44 кВт·ч:

$$C_{\text{эл.эн.}} = 1\,271\,675,44 \cdot 3,44 = 4374563,513 \text{ руб.}$$

Годовые затраты на электроэнергию с учётом, что потребление электроэнергии корпусами ТГУ за весь год составляет 3 114 776,48 кВт·ч:

$$C_{\text{год.эл.эн.}} = 3\,114\,776,48 \cdot 3,44 = 10714831,09 \text{ руб.}$$

Срок службы оборудования по данным производителя не менее 20 лет. Норма амортизации оборудования составляет $p = 1/(20 \cdot 12) = 0,04$. Затраты на амортизацию оборудования:

$$C_{\text{аморт}} = 23977589 \cdot 0,04 \cdot 1 = 959\,103,56 \text{ руб.}$$

Затраты на техническое обслуживание составляют порядка 10% в год от капитальных вложений на строительство мини-ТЭЦ:

$$C_{\text{т.о}} = 0,1 \cdot 23977589 = 2397758,9 \text{ руб.}$$

Общие материальные затраты при введении в эксплуатацию мини-ТЭЦ:

$$C_{\text{мат}} = C_{\text{газ}} + C_{\text{эл.эн.}} + C_{\text{аморт}} + C_{\text{т.о}}$$

$$C_{\text{мат}} = 9675000 + 4374563,513 + 959103,56 + 2397758,9 = 17406425,97 \text{ руб.}$$

В соответствии с расчетными и исходными данными расход тепла в котельной за год $Q_{\text{кот}} = 20808$ Гкал. Стоимость 1 Гкал от поставщика составляет 344 руб.

Общие материальные затраты при отсутствии мини-ТЭЦ:

$$C_{\text{мат}} = C_{\text{тепло}} + C_{\text{год.эл.эн.}}$$

$$C_{\text{мат}} = 14315904 + 17406425,97 = 31722329,97 \text{ руб.}$$

Срок окупаемости мини-ТЭЦ (не дисконтируемый):

$$T_{\text{мини-ТЭЦ}} = 23977589 / (31722329,97 - 17406425,97) = 4,5 \text{ года.}$$

Основные экономические показатели проекта по введению мини-ТЭЦ представлены в таблице 3.19.

Таблица 3.19 - Основные экономические показатели проекта (вариант 2)

№	Показатель	Ед. изм.	Значение
1	Стоимость оборудования	руб.	23 977 589
2	Затраты на потребление газа	руб./год	9675000
3	Годовые затраты на электроэнергию	руб./год	4374563,513
4	Амортизационные отчисления	руб./год	959 103,56
5	Общие материальные затраты	руб./год	31722329,97
6	Срок окупаемости (не дисконтируемый)	год	4,5

3.3 Выводы по разделу 3

Таким образом, более экономичным является установка котельный модуль «Тепловой центр ЗТЦ-3-5,25 ГС» [30]. Срок окупаемости (не дисконтируемый) составляет 0,75 года. Срок окупаемости введения мини-ТЭЦ составил 4,5 года. Годовая экономия за счет снижения затрат на 1 Гкал тепловой энергии для котельного модуля «Тепловой центр ЗТЦ-3-5,25 ГС» составит 12463992 руб.

Заключение

Выполненные расчеты показали, что для обеспечения энергопотребления корпусов ТГУ необходим источник мощностью 593 кВт электрической и 5,1 МВт тепловой энергии.

Сделан вывод о том, что строительство мини-ТЭЦ на территории университетского городка является нецелесообразным. В качестве автономного источника теплоснабжения предложена мини-котельная.

В качестве места расположения мини-котельной предложена площадка между спортивным корпусом и корпусом «Э». На данной территории проектируемая мини-котельная может свободно снабжаться водой и электричеством от существующих сетей. Для работы мини-котельной необходим подвод газовых сетей среднего давления. Так как близлежащие жилые дома запитаны от газовой сети низкого давления, необходима дополнительная прокладка сети среднего давления от ГРП до источника и подключение к газовым сетям.

Анализ генерального плана застройки площадки университетского городка показал, что подключение к проектируемому источнику общежитий №1 и №5 затруднено в связи с необходимостью прокладки дополнительных тепловых сетей, пересекающих ул. Белорусская. Учитывая небольшую требуемую тепловую мощность данных объектов, предложено устройство отдельной мини-котельной для теплоснабжения общежитий.

К установке предлагается котельный модуль «Тепловой центр ЗТЦ-3-5,25 ГС». Для подключения корпусов ТГУ к источнику частично могут быть использованы существующие тепловые сети.

В результате реализации проекта оптимизируются схемы теплоснабжения, из эксплуатации выводятся тепловые сети с перегретой водой, в результате чего будут исключены потери тепловой энергии при ее передаче. В целом система теплоснабжения будет приведена в состояние, обеспечивающее стабильный режим гарантированного снабжения теплом корпусов ТГУ.

Стоимость котельного модуля мощностью 5,25 МВт, включая строительно-монтажные и пусконаладочные работы, составит 8 843 000 руб. Срок окупаемости котельной (не дисконтируемый) составит 0,75 года. Годовая экономия за счет снижения затрат на тепловую энергию составит 12463992 руб.

Список использованных источников

1. Об электроэнергетике : Федеральный закон от 26 марта 2003 года №35-ФЗ (с изменениями на 6 декабря 2011 года).
2. Правила устройства электроустановок : издание 7-е, перераб. и доп. – М. : Энергосервис, 2003.
3. Об утверждении областной целевой программы развития малой энергетики в Самарской области на 2006-2015 годы : Закон Самарской области №2012 от 13.12.2005.
4. Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации : Федеральный закон от 23.11.2009 № 261-ФЗ (ред. от 29.12.2014).
5. Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на период до 2020 года (с изменениями и дополнениями) : Распоряжение Правительства РФ от 27 декабря 2010 г. № 2446-р О государственной программе РФ.
6. Правила применения цен (тарифов), определения стоимости электрической энергии (мощности), реализуемой на розничных рынках по регулируемым ценам (тарифам), оплаты отклонений фактических объемов потребления электрической энергии (мощности) от договорных, а также возмещения расходов в связи с изменением договорного объема потребления электрической энергии (мощности) на территориях, не объединенных в ценовые зоны оптового рынка : Приказ Федеральной службы по тарифам от 30 ноября 2010 года N 364-э/4.
7. ГОСТ 30494-96. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях. – Введ. 1996-12-01. – М. : Стандартинформ, 1996.
8. ГОСТ Р 53174-2008. Установки электрогенераторные с дизельными и газовыми двигателями внутреннего сгорания. Общие технические

- условия. – Введ. 2008-12-18. – М. : Стандартиформ, 2009.
9. СП 41-104-2000. Проектирование автономных источников теплоснабжения. – Введ. 2000- 16- 08. – М. : Стандартиформ, 2000.
 10. СП 131.13330.2012. Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99* (с Изменением № 2).
 11. СП 90.13330.2012 Электростанции тепловые. Актуализированная редакция СНиП II-58-75.
 12. СП 89.13330 (проект, первая редакция). Котельные. Актуализированная редакция СП 89.13330.2012 «Котельные установки».
 13. СНиП 41-01-2003. Отопление вентиляция и кондиционирование/ Госстрой России. – М.: ГУП ЦПП, 1992. –70 с.
 14. СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003.
 15. СП 42.13330.2011. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89*.
 16. СП 124.13330.2012. СНиП 41-02-2003. Тепловые сети. - Утв. приказом Министерства регионального развития РФ от 30 июня 2012 г. № 280.
 17. О введении в действие новой редакции санитарно-эпидемиологических правил и нормативов СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов» : Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 25.09.2007 № 74 (ред. от 25.04.2014) (зарегистрировано в Минюсте России 25.01.2008 № 10995).
 18. Методика определения потребности в топливе, электрической энергии и воде при производстве и передаче тепловой энергии и теплоносителей в системах коммунального теплоснабжения – Утв. Госстроем России 12.08.2003.
 19. О функционировании розничных рынков электрической энергии, полном и (или) частичном ограничении режима потребления электрической

- энергии : Постановление Правительства РФ от 4 мая 2012 года №442.
- 20.Архангельский, А.Г. Энергетические газотурбинные установки / А.Г. Архангельский. – М. : Энергоатомиздат, 2005.
- 21.Атрощенко, В.А. О системе управления автономной электростанцией / В.А. Атрощенко, Н.Д. Чигликова, В.Н. Клишин // Промышленная энергетика. – 2008. – №10. – С. 11 – 12.
- 22.Безруких, П.П. Возобновляемая энергетика: стратегия, ресурсы, технологии / П.П. Безруких, Д.С. Стребков. – М. : МЭИ, 2014.
- 23.Гуревич, Ю.Е. Проблемы обеспечения надежного электроснабжения потребителей от газотурбинных электростанций небольшой мощности / Ю.Е. Гуревич, Ю.Г. Шакарян // Электричество. – 2002. – №2. – С. 50 – 56.
24. Лебедев, В.И. Расчет и проектирование теплогенерирующих установок систем теплоснабжения / Лебедев В.И., Пермяков Б.А., Хаванов П.А. – М.: Стройиздат, 2002. – 360 с.
- 25.Лукутин, Б.В. Автономное электроснабжение от микрогидроэлектростанций / Б.В. Лукутин, С.Г. Обухов, Е.Б. Шандарова. – Томск : ТГУ, 2011.
- 26.Михайлов, А.Г. Малая энергетика России. Классификация, задачи, применение / А.Г. Михайлов, А.Н. Агафонов, В.О. Сайданов. – Новости Электротехники. – 2005. – № 5(35).
- 27.Мини-ТЭЦ сегодня и завтра : перспективы и будущее / Под ред. А.А. Орлова. – М.: Лань, 2011.
- 28.Мовлюков, С.А. Котельные установки для жилых зданий / С.А. Мовлюков, А.Н. Лоскутников. - : СПб: Энергоатомиздат, 2013.
- 29.Томский, Р.Р. Газотурбинные установки – важное направление развития малой и муниципальной энергетики / Р.Р. Томский // Энергоэффективность: опыт, проблемы, решения. – 2012. – №1. – С. 13 – 22.
- 30.<http://testim.ru/files/tipodryad1.pdf>.

31. [Viessmannrus.com/templates/viessmann/images/media/news/93/referenc-albom-promyshlennoe-oborudovanie.pdf](http://viessmannrus.com/templates/viessmann/images/media/news/93/referenc-albom-promyshlennoe-oborudovanie.pdf).
32. <http://td-p.ru/produkciya/oilon/gazovye-gorelki-oilon-gp/gorelki-gazovye-oilon>.
33. http://intok-n.ru/rond_e.htm.
34. <http://www.teploprofi.com/teploobmennik-nn/>
35. http://www.energo-consultant.ru/sprav/tarifi_na_elektroenergiyu_na_2015_god/tarifi_na_elektroenergiyu_v_Samarskoi_oblasti2015.
36. Caterpillar Diesel Generator Set [Electronic resource] : Standby 350 ekW 438 kVA / Caterpillar. – Illinois. – 2009. – 6 p. – Mode of access : http://www.cat.com/cda/files/2650888/9/3406C350ekwStandbyLowBSFC_TZ.pdf.
37. Lipman, N. Overview of wind/diesel systems / N. Lipman // IEEE Power del. – 2012. – Vol. 5. – № 5. – P. 1118 – 1127.
38. Shen, S. Polyethylene nanofibres with very high thermal conductivities / S. Shen, G. Gang Chen // Nature Nanotechnology. – 2010. – №5. – P. 251 – 255.
39. Soundarrajan, A. Particle Swarm Optimization Based LFC and AVR of Autonomous Power Generating System / A. Soundarrajan, S. Sumathi, C. Sundar // IAENG. – 2010. – Vol. 37. – Issue 1. – P. 85 – 92.
40. Wintrich, A. Application Manual : Power Semiconductors / A. Wintrich. – SEMIKRON International, 2011. – 454 p.

Публикации по теме исследования:

1. Мартынов, Н.О. Проблемы оптимизации теплоснабжения предприятий/ Н.О. Мартынов // Интеграция мировых научных процессов как основа общественного прогресса: сборник научных трудов (г. Казань, октябрь 2014 г.). – 2014. – Выпуск №18. – С.256-259.
2. Мартынов, Н.О. Выбор альтернативных источников энергии/ Н.О. Мартынов, С.Г. Мартынова // Интеграция мировых научных процессов как

- основа общественного прогресса: сборник научных трудов (г. Казань, ноябрь 2014 г.). – 2014. - Выпуск № 19 — С. 131-140.
3. Мартынов, Н.О. Выбор электростанции при проектировании объекта/ Н.О. Мартынов // Научные исследования и разработки молодых ученых: сборник материалов II Международной научно-практической конференции (г.Новосибирск, 27 ноября 2014 г.). – Новосибирск, 2014. – С.99-102.
 4. Мартынов, Н.О. Преимущества использования мини-ТЭЦ при оптимизации теплоснабжения предприятия/ Н.О. Мартынов // Современная наука: проблемы и их решения: сборник научных трудов по материалам Международной заочной научно-практической конференции (г. Липецк, 27 апреля 2015 г.). - Липецк, 2015 – С. 14-15.
 5. Мартынов, Н.О. Основные эпохи развития энергетики/ С.Г. Мартынова, Н.О. Мартынов // Евразийский Союз Ученых (ЕСУ). Ежемесячный научный журнал. – Москва, 2015. – № 3. – С. 110–113
 6. Мартынов, Н.О. Принцип проектирования электроснабжения ТЭЦ/ Н.О. Мартынов, С.Г. Мартынова // Новая наука: проблемы и перспективы: сборник статей Международной научно-практической конференции (г.Стерлитамак, 4 сентября 2015 г.). - Стерлитамак: Российская Федерация РИЦ АМИ, 2015 – С.122-124.
 7. Мартынов, Н.О. Разработка проекта автономного источника питания образовательного учреждения/ Н.О. Мартынов, В.В. Вахнина // Энергоэффективность и энергобезопасность производственных процессов: сборник трудов IV Всероссийской научно-технической конференции студентов, магистрантов, аспирантов (г. Тольятти, 13 апреля 2016 г.). – Тольятти: ТГУ. - 2016. – 145-148 с.