

ПРОЕКТИРОВАНИЕ, РАСЧЕТ ОБОРУДОВАНИЯ И МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ ТЕПЛОВЫХ ПУНКТОВ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ И ГВС

1. Актуальность и практическая ценность разработки программного обеспечения для автоматизированного проектирования тепловых пунктов

Вступление. Основное внимание в государственной политике Украины в области коммунального теплоснабжения уделяется экономии энергетических ресурсов. Последнее невозможно без реконструкции всей городской системы центрального теплоснабжения и, в первую очередь, районных групповых и индивидуальных тепловых пунктов, замену устаревшего оборудования на новое современное. Такая модернизация и внедрение новых тепловых пунктов позволяет, по некоторым оценкам [1], за счет экономии в области распределения и потребления тепла обеспечить высвобождение средств, достаточных для решения проблем коммунальной энергетики без увеличения тарифов.

Имеющиеся в ряде крупных городов системы упрощенных тепловых пунктов обеспечивают теплоснабжение больших групп зданий. Такие узловое системы обуславливают значительные потери тепла при подаче воды отопления и горячего водоснабжения (ГВС). Кроме того износ подающих сетей не позволяет существенным образом повысить температуру сетевого теплоносителя, что приводит к существенному снижению температуры воздуха в помещениях и температуры воды ГВС. Внедрение современных тепловых пунктов позволяет более гибко и эффективно проводить регулировку по наружной температуре.

В ряде стран Западной Европы, которые имеют довольно крупные системы тепловых сетей, характерно размещение на вводах зданий индивидуальных тепловых пунктов (ИТП), оснащенных пластинчатыми подогревателями для отопления и ГВС, средствами автоматического регулирования и насосным оборудованием. Это позволило снизить нагрузки на тепловые сети, эксплуатационные затраты на ремонт коммуникаций и обеспечить эффективное регулирование отпуска тепла. По данным [2], при реконструкции систем теплоснабжения применение компактных ИТП позволяет значительно увеличить степень рекуперации тепла. При этом наибольший эффект достигается за счет реконструкции периферийных точек системы потребителей.

Особенно эффективным в системах теплоснабжения является использование компактных пластинчатых теплообменников фирмы "Альфа-Лаваль" (Швеция). ИТП на базе таких теплообменников с нагрузкой 0,5-1,5 Гкал/ч размещается на площади в несколько квадратных метров, при этом сохранив все требования стандартов, применяемых к тепловым пунктам. Такой индивидуальный тепловой пункт можно установить в небольшой комнате предприятия, жилого дома либо в технологических помещениях.

Как отмечено в [3], наибольший экономический эффект достигается в научно обоснованном применении пластинчатых теплообменных аппаратов при энергоэффективной реконструкции открытых систем тепло- и горячего водоснабжения. В практике проектирования, строительства и эксплуатации теплоснабжающих систем имеются известные недостатки, приводящие к перерасходу тепловой энергии. К ним относятся:

перегрев в теплый период отопительного сезона зданий, присоединенных к централизованному теплоснабжению; большие тепловые потери в наружных тепловых сетях. В целях более рационального использования тепловой энергии при централизованном теплоснабжении и особенно теплофикации на первый план выходит вопрос о практической реализации, которая, в первую очередь, должна опираться на качественное и достоверное проектирование. Общая стратегия снижения энергозатрат, в том числе снижение расхода энергоресурсов, снижение потребления воды, снижение вредных выбросов, включает в себя [3]:

- интеграция и оптимизация производственных процессов, в которых имеются теплоиспользующие технологические схемы;
- создание, разработка и внедрение пластинчатых теплообменных аппаратов, и создание на их базе оптимальных теплообменных комплексов;
- разработка и создание программного продукта, а именно пакетов прикладных программ по расчету и оптимизации пластинчатых теплообменников любого типа, синтезу теплообменной поверхности, расчету и синтезу оптимальных систем теплообменных аппаратов; оптимальному расчету и проектированию индивидуальных и местных тепловых пунктов;
- подготовка кадров и научные контакты.

Таким образом, важнейшей задачей при проектировании тепловых пунктов (ТП) является обеспечение возможности быстрых многовариантных расчетов теплообменных аппаратов и другого оборудования для различных схем ТП, с определением стоимости капитальных вложений и последующих эксплуатационных расходов. Последнее обстоятельство позволяет на стадии проектирования выбрать оптимальный вариант из соотношения капитальные затраты – эксплуатационные расходы для различных сочетаний тепловых нагрузок горячего водоснабжения (ГВС) и отопления, смоделировать работу теплового пункта на рабочих режимах и в нештатной ситуации.

Для реализации задачи оптимального проектирования индивидуальных тепловых пунктов и проведения многовариантных расчетов было разработано математическое обеспечение, позволяющее автоматизировать процесс проектирования теплового пункта системы отопления и горячего водоснабжения. Подбор теплообменников отопления и ГВС осуществляется по параллельной, двухступенчатой смешанной и последовательной схемам. В качестве теплообменных аппаратов в расчетах используется номенклатура разборных теплообменников «Альфа Лаваль». Описание модулей «Расчет теплообменника и насосов отопления», «Расчет теплообменников и насоса ГВС» и общей структуры программы приведено в отчете WP3 «The description of IHM software».

2. Проектирования теплового пункта системы отопления жилых зданий

2.1 Схемы тепловых пунктов систем теплоснабжения

Тепловая нагрузка коммунального теплоснабжения имеет сложную структуру, состоящую из нагрузки отопления, горячего водоснабжения, вентиляции и кондиционирования. Эти виды нагрузки изменяются по различным сезонным и суточным графикам. Расход тепла зависит от схемы присоединения к тепловой сети и метода центрального регулирования.

График тепловой нагрузки отопления имеет сезонную неравномерность при близком к постоянному суточному значению. В течение отопительного сезона тепловая

нагрузка здания пропорциональна разности принятой внутренней температуры отапливаемых помещений и наружной температуры воздуха.

Регулирование отпуска тепла в систему отопления осуществляется изменением температуры сетевого теплоносителя в зависимости от температуры наружного воздуха (качественное регулирование) и путем изменения расхода сетевого теплоносителя (количественное регулирование). В зависимости от количества присоединенных зданий тепловые пункты делятся на центральные тепловые пункты для присоединения к тепловой сети групп зданий и для присоединения одного здания или его части – индивидуальные тепловые пункты. В зависимости от числа присоединенных потребителей условно принято различать групповые тепловые пункты (ГТП) и районные (РТП). Групповые или микрорайонные тепловые пункты обслуживают группу жилых зданий или все здания в пределах микрорайона. Районные тепловые пункты обслуживают все здания в пределах жилого района.

В качестве основного вида регулирования применяется центральное регулирование на источнике отпуска тепла (ТЭЦ, котельные). В настоящее время повсеместно развивается дополнительное регулирование отпуска тепловой энергии на групповых, районных, микрорайонных и индивидуальных тепловых пунктах. При этом для каждого вида регулирования имеется своя область эффективного действия: центральное регулирование по замыслу должно ориентироваться на некоторую стандартную нагрузку района и гарантировать обеспечение теплом любого потребителя из этого района. Если система теплофикации имеет достаточное количество разнородных потребителей, тогда целесообразно сочетание центрального качественного регулирования по совмещенной нагрузке отопления и ГВС с групповым, местным или индивидуальным количественным регулированием.

Для местных и индивидуальных тепловых пунктов в случае независимой системы отопления и горячего водоснабжения наиболее эффективными являются присоединение системы отопления через теплообменник отопления и двухступенчатая смешанная схема горячего водоснабжения, рис. 1. Блочные или индивидуальные тепловые пункты (модульные тепловые установки) производительностью от 20 кВт до 10 МВт, рис. 2, используются как тепловые пункты отдельных жилых или производственных зданий, а также при реконструкции центральных тепловых пунктов, теплораспределительных станций и котельных.

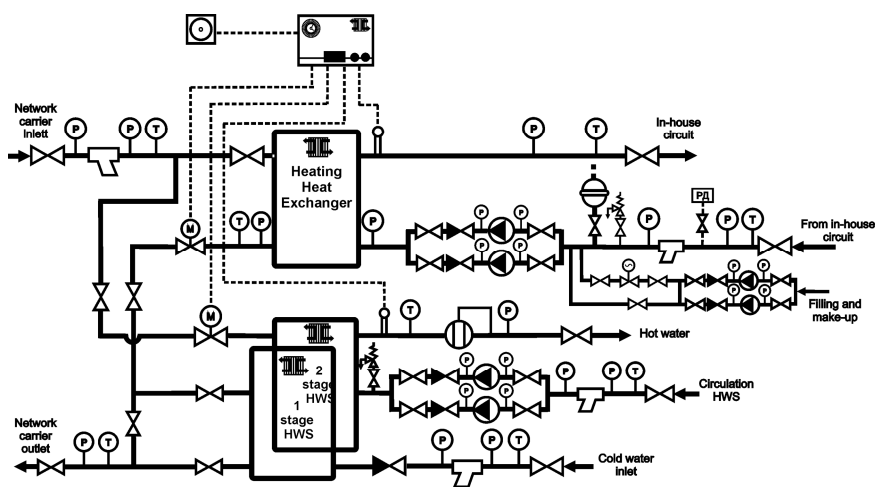


Рисунок 1 – Принципиальная схема индивидуального теплового пункта системы отопления и ГВС (двухступенчатая смешанная схема)

Тепловые модули базируются на пластинчатых теплообменниках разборной и неразборной конструкции, комплектуются насосным оборудованием, автоматикой и другими средствами регулирования. В стандартной комплектации ИТП состоит из двух модулей – системы отопления и системы горячего водоснабжения.

Практика эксплуатации ИТП на базе пластинчатых теплообменных аппаратов показывает, что теплообменники могут устанавливаться без резервирования. Для повышения надежности (в больницах, родильных домах и других потребителей с высокой ответственностью) могут устанавливаться два и более аппарата. Расчет их производится на нагрузку в пределах 50-100% мощности отопления, что определяется степенью задаваемой надежности работы системы отопления.



Рисунок 2 – Общий вид теплового пункта «АО «Содружество-Т» системы отопления здания и ГВС на базе пластинчатых теплообменников

2.2 Система отопления и проектирование ИТП с пластинчатыми теплообменниками

Согласно нормативным требованиям и стандартам подбор теплообменника отопления производится по зимней температуре наружного воздуха, равной средней температуре наиболее холодной пятидневки по климатологическим данным или по карте расчетных температур [4,5]. Работа теплового пункта во многом определяется значениями наружной температуры. Для стабильной работы существуют таблицы рабочих температур ТП, в зависимости от температуры наружного воздуха.

Тепловой пункт с независимой схемой присоединения системы отопления, оснащенный циркуляционным и подпитывающим насосом представлен на рис. 3. Для данной схемы характерно поддержание давления во внутреннем контуре и установка регулятора подпитки. При остановке циркуляционных насосов существует опасность попадания неохлажденной воды из подающей магистрали в обратную магистраль тепловой сети [6]. Во избежание этого явления, на подающей магистрали тепловой сети устанавливается клапан отсечки, который срабатывает при остановке насосов. Посто-

янная работоспособность клапана обеспечивается приданием ему функции регулятора постоянства перепада давления (постоянства располагаемого напора) [6].

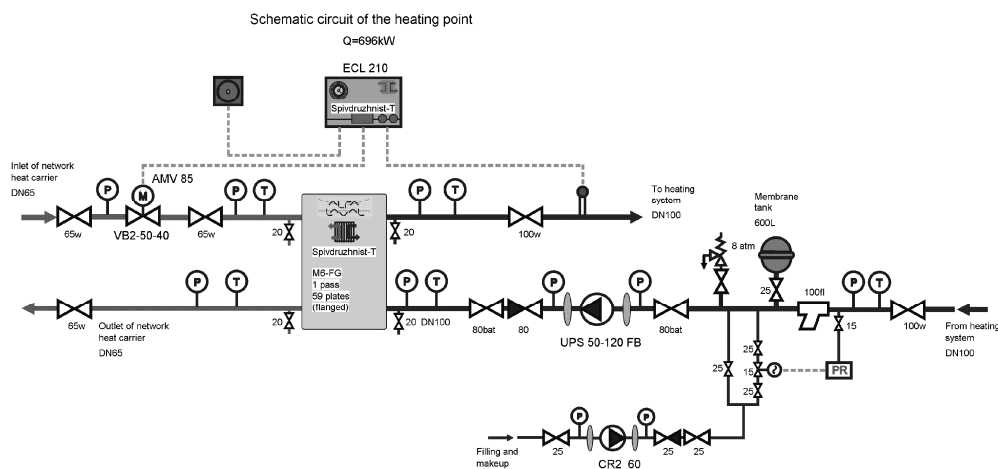


Рисунок 3 – Схема теплового пункта при независимом присоединении системы отопления с циркуляционными и подпитывающими насосами

На рис. 3 показана установка устройства управления работой насосов, работающего через датчик перепада давления («ДЕМ»). Главное назначение его состоит в автоматическом переключении насосов между собой или включении параллельно, а также в отключении насосов при снижении давления (защитная функция). Устройство также связано с датчиками температуры, контролирующими температуру насосов и, в случае перегрева, отключает насос. Для отключения насосов при внезапном прекращении подачи воды («сухой ход») устанавливается реле давления, позволяющее блокировать работу циркуляционных насосов в такой ситуации. Все циркуляционные насосные группы систем отопления должны быть укомплектованы устройствами такого типа. Такие контроллеры выпускают достаточно много производителей. Более подробно об устройствах такого типа, выпускаемых серийно, будет сказано ниже.

Для независимой системы отопления пополнение системы водой производится из обратной магистрали тепловой сети (иногда из подающей), в которой циркулирует умягченная и деаэрированная вода. Это позволяет значительно уменьшить накипеобразование в теплообменнике. Независимая система отопления устанавливается с расширительным баком и, собственно, работает под давлением расширительного бака. Обычно для систем, рассчитанных на работу с температурным перепадом $105\text{--}70\text{ }^{\circ}\text{C}$, во избежание вскипания воды в верхних точках системы бак устанавливается выше над ними на $2,5\text{--}3\text{ м}$. Для систем с нижней подачей воды этого не предусматривают. В современных тепловых пунктах с пластинчатыми теплообменниками устанавливают расширительные мембранные баки. Главное их назначение это предотвращение роста статического давления в системе отопления за счет термического расширения воды, а также компенсация потерь теплоносителя и защита оборудования от коррозии и повышения давления. В индивидуальном тепловом пункте мембранные баки присоединяют к обратному трубопроводу внутреннего контура.

Для данной схемы подпитка осуществляется с помощью подпиточного насоса. Автоматизация подпитки выполняется при помощи электромагнитного вентиля, установленного в насосном блоке, по команде от электроконтактного манометра. Также

предусмотрена подача аварийного сигнала, если регулируемое давление выходит за заданные пределы. Применение такой схемы реализуется обычно при выполнении следующих условий: отсутствие непосредственного водоразбора из тепловой сети; давление перед исполнительным органом регулятора всегда выше регулируемого давления; часовой расход подпиточной воды G (кг/ч) не превышает величины, рассчитанной по формуле $G \leq 1,4\sqrt{\Delta p}$ [6], где Δp – разность давлений до и после регулятора, кПа.

Местное регулирование отпуска теплоты в системе отопления выполняет регулятор отопления (электроприводной клапан), который поддерживает постоянную температуру в подающей магистрали системы отопления здания (после теплообменника отопления). Необходимая температура в подающей магистрали определяется и постоянно корректируется по показаниям датчика наружного воздуха. Регулирование по показаниям датчика наружного воздуха обычно осуществляется для полусистем отопления, связанных с фасадами здания. Такой подход обеспечивает возможность дифференцированного распределения теплоносителя с учетом влияния солнечной энергии, ветра и ориентации здания на тепловую потребность помещений, расположенных на противоположных фасадах. В данном случае отпуск тепла в ИТП регулируется отдельно по полусистемам отопления фасадов.

Иногда применяются схемы, которые предусматривают установку датчиков непосредственно в квартирах и, таким образом, поддерживают заданную внутреннюю температуру помещений, осуществляя этим количественное регулирование отпуска тепла. В любом случае схема, предусматривающая изменение количества поступающего в теплообменник отопления сетевого теплоносителя, должна базироваться на корректном выборе теплообменника с точки зрения его реагирования на изменение внешних условий. Таким требованиям полностью отвечают пластинчатые теплообменные аппараты.

Если давление в обратной магистрали достаточно велико, то подпиточный насос на подпитку и заполнение разводящей сети и местных систем потребителей не устанавливают. Тогда независимая схема присоединения отопления принимает вид, представленный на рис. 4. В этом случае на обратной магистрали разводящей тепловой сети устанавливают предохранительный и обратный клапаны.

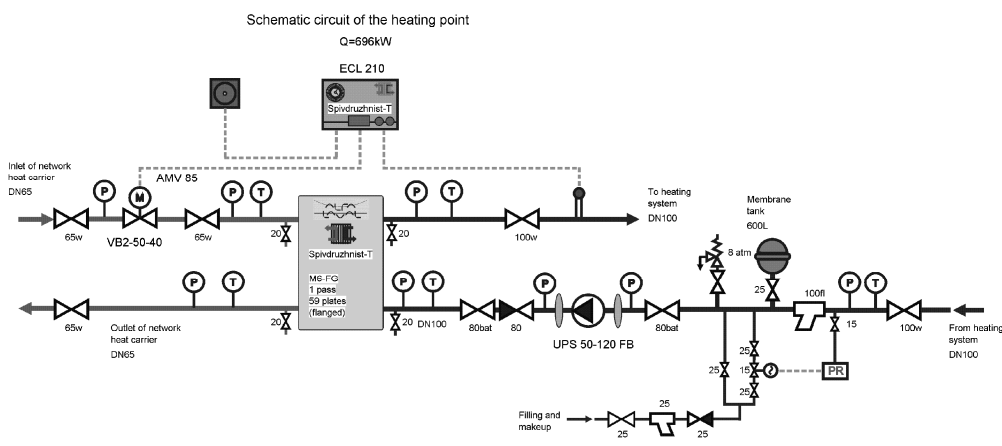


Рисунок 4 – Схема теплового пункта при независимом присоединении системы отопления с обратным клапаном на линии подпитки

В случае если по каким-либо обстоятельствам необходимость в автоматической подпитке системы отопления отсутствует, то общая схема ТП может не содержать подпиточной магистрали, что представлено на рис. 5.

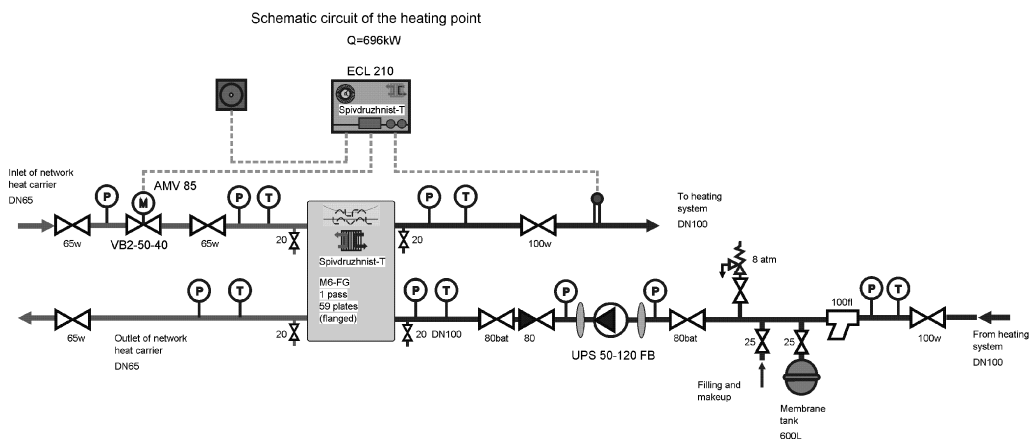


Рисунок 5 – Схема теплового пункта при независимом присоединении системы отопления без автоматической системы подпитки

Если провести классификацию по установленному оборудованию теплового пункта с независимым присоединением системы отопления, то можно предложить следующие варианты компоновки теплового пункта.

Классификация по линии подпитки:

- схема теплового пункта системы отопления с насосным блоком на линии подпитки;
- схема теплового пункта системы отопления с обратным клапаном на линии подпитки;
- схема теплового пункта системы отопления без автоматической подпитки.

Классификация по установленному оборудованию на сетевой магистрали:

- схема теплового пункта системы отопления с электроприводным клапаном на подающем трубопроводе сетевого теплоносителя;
- схема теплового пункта системы отопления с электроприводным клапаном на обратном трубопроводе сетевого теплоносителя;
- схема теплового пункта системы отопления с трехходовым краном на обратном трубопроводе сетевого теплоносителя (постоянство расхода).

Классификация по установленному оборудованию в контуре отопления:

- схема теплового пункта системы отопления с циркуляционным насосным блоком на обратном трубопроводе внутреннего контура отопления;
- схема теплового пункта системы отопления с циркуляционным насосным блоком на подающем трубопроводе внутреннего контура отопления.

Таким образом, число вариантов исполнения теплового пункта ограничено, и, как следствие, комплектация теплового пункта имеет достаточно ограниченное количество наименований. Последнее обстоятельство позволяет в значительной степени стандартизировать выпуск оборудования и унифицировать изготовление таких тепловых пунктов.

В разработанном математическом обеспечении в настоящее время реализованы три схемы тепловых пунктов, которые классифицированы по наличию или отсутствию автоматической подпитки, рис. 6–8. Для всех этих схем принята установка электроприводного клапана на подающем трубопроводе сетевого теплоносителя и циркуляционного насосного блока на обратном трубопроводе внутреннего контура отопления. Кроме того предусмотрено использование мембранного бака, предохранительного клапана, фильтров и другого дополнительного оборудования. Для обеспечения функционирования теплового пункта устанавливается система управления двух типов: только для модуля отопления и для модуля отопления и ГВС.

2.3 Система ГВС и особенности выбора теплообменников для различных схем присоединения к тепловым сетям

Одним из основных критериев при выборе присоединения водонагревательных установок горячего водоснабжения (теплообменников ГВС) к централизованным сетям является минимум приведенных затрат на тепловые сети и тепловые пункты. При равных условиях: тепловых нагрузках горячего водоснабжения (ГВС) и отопления; одинаковых расчетных температурах воды в тепловой сети для закрытых систем централизованного теплоснабжения наиболее простой является параллельная схема. Она характеризуется наименьшей поверхностью нагрева теплообменного аппарата и наибольшим расходом сетевой воды на тепловом пункте (ТП). Последовательная двухступенчатая схема и смешанная схема с ограничением максимального расхода сетевой воды характеризуются наименьшим расчетным расходом сетевой воды на ТП, но максимальной поверхностью теплообменников ГВС [7]. Наименьший расчетный расход сетевой воды, близкий к расчетному отопительному расходу, обеспечивается в этом случае выравниванием тепловой нагрузки ТП, благодаря использованию аккумулирующей способности отапливаемых зданий путем применения связанного регулирования установок отопления и горячего водоснабжения [8]. Двухступенчатая смешанная схема по расчетным расходам сетевой воды и поверхности нагрева водонагревателя горячего водоснабжения занимает промежуточное положение.

Основными схемами присоединения подогревателей горячего водоснабжения к тепловым сетям в настоящее время приняты двухступенчатая смешанная (рис. 6,7) и параллельная схема, рис. 8.

Двухступенчатые схемы присоединения теплообменников ГВС при отсутствии бака-аккумулятора имеют преимущества перед другими схемами в широком диапазоне отношения $0,2 \leq k^{\max} \leq 1$, характерном для подавляющего большинства жилых зданий, где k^{\max} – отношение максимальной нагрузки горячего водоснабжения к максимальной нагрузке отопления. Следуя [9], если отношение k^{\max} находится за пределами указанного диапазона, то регламентируется применение параллельной схемы. Для малых k^{\max} усложнение схем, по сравнению с параллельной, не компенсируется снижением расхода сетевой воды, а для больших k^{\max} резко возрастает поверхность нагрева теплообменников ГВС.

С учетом указанных критериев и ограничений, требований СНиП [4,5] и рекомендаций [7–9] ниже приведены рациональные области применения схем присоединения теплообменников ГВС при проектировании ТП с регулированием отпуска теплоты на отопление.

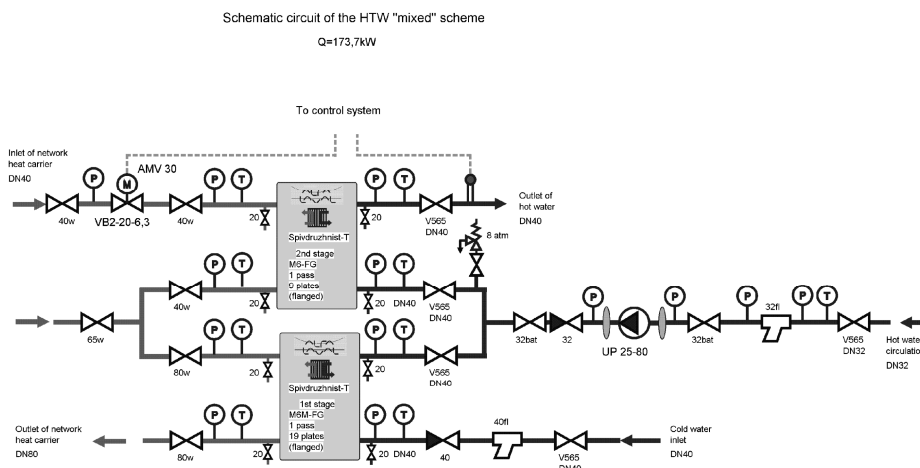


Рисунок 6 – Двухступенчатая смешанная схема присоединения теплообменника ГВС с циркуляционным насосом

Для закрытых систем теплоснабжения от ТЭЦ, а также от котельных мощностью более 35 МВт, для принятия в качестве расчетного повышенного температурного графика центрального регулирования по совмещенной нагрузке отопления и горячего водоснабжения, выбирают следующие схемы присоединения:

- смешанную с ограничением максимального расхода сетевой воды на ТП или двухступенчатую последовательную при отсутствии указанных выше ограничивающих условий – в ЦТП и ИТП при $0,2 \leq k^{\max} \leq 1$ и отсутствии бака-аккумулятора системы горячего водоснабжения;
- в ИТП с элеватором – смешанную схему;
- смешанную схему – в ЦТП и ИТП при $0,2 \leq k^{\max} \leq 1$ и наличии бака-аккумулятора системы ГВС;
- параллельную схему – в ЦТП и ИТП при $k^{\max} < 0,2$ и $k^{\max} > 1$, а также в ТП при прерывистом характере водопотребления.

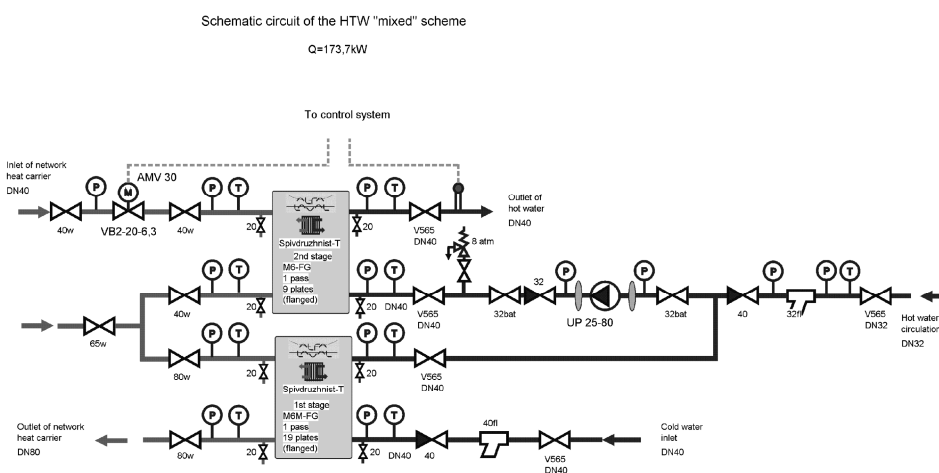


Рисунок 7 – Смешанная схема присоединения теплообменника ГВС с циркуляционно-повысительным насосом

Для закрытых систем теплоснабжения от ТЭЦ, а также от котельных мощностью более 35 МВт, в которых в качестве расчетного принят температурный график центрального регулирования по нагрузке отопления, выбирают следующие схемы присоединения:

- смешанную схему – в ЦТП и ИТП, если $0,2 \leq k^{\max} \leq 1$;
- параллельную схему – в ЦТП и ИТП при $k^{\max} < 0,2$ и $k^{\max} > 1$, а также в ТП при прерывистом характере водопотребления.

Для закрытых систем теплоснабжения от котельных мощностью 35 МВт и менее во всех ТП выбирают параллельную схему. По диапазону отношений нагрузок k^{\max} , на которые рассчитаны теплообменники ГВС в закрытых системах, типовые проекты ЦТП могут применяться в широком интервале расчетных температур наружного воздуха для отопления.

Расчет теплообменных аппаратов горячего водоснабжения выполняют на максимальный часовой расход тепла на горячее водоснабжение. Определение этого расхода включает в себя собственно максимальную нагрузку горячего водоснабжения, потери тепла трубопроводами системы и расход тепла на нагрев циркуляционной воды.

Теплообменники ГВС рассчитывают на минимальную температуру воды в подающем трубопроводе теплосети. Значение минимальной температуры воды обусловлено наличием систем горячего водоснабжения как потребителя теплоты в централизованном теплоснабжении. Согласно СНиП она составляет для закрытых систем теплоснабжения не менее 70 °С, для открытых систем теплоснабжения – 60 °С. Для закрытых систем теплоснабжения, на которые ориентирована установка индивидуальных тепловых пунктов, работающих по графику регулирования совместной нагрузки отопления и горячего водоснабжения («повышенный» график), т.е. когда нагрузка горячего водоснабжения компенсируется не увеличением расхода сетевой воды, а повышением температурного графика, минимальная температура воды в подающем трубопроводе теплосети должна быть выше 70 °С.

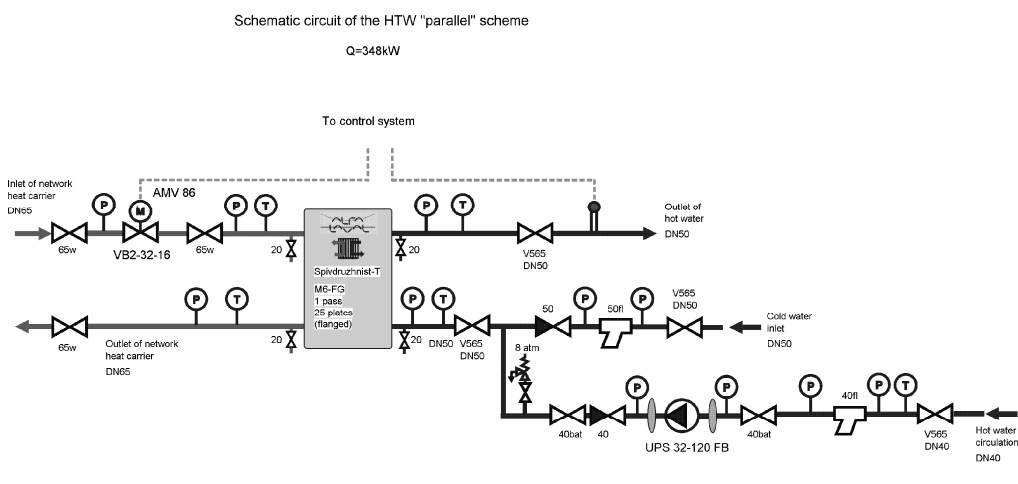


Рисунок 8 – Параллельная схема присоединения теплообменника ГВС

Таким образом, одной из наиболее актуальных задач при проектировании ТП является выбор схемы присоединения теплообменников ГВС к централизованным се-

тям и расчет аппаратов системы ГВС. При этом важнейшей задачей является обеспечение возможности быстрых многовариантных расчетов теплообменных аппаратов и другого оборудования ТП для различных схем, с определением стоимости капитальных вложений в ТП и последующих эксплуатационных расходов. Последнее обстоятельство позволяет на стадии проектирования выбрать оптимальный вариант из соотношения капитальные затраты – эксплуатационные расходы для различных сочетаний тепловых нагрузок ГВС и отопления, смоделировать работу теплового пункта на рабочих режимах и в нештатной ситуации.

Учитывая, что график потребления горячей воды резко неравномерный, то обязательным условием подключения теплообменников ГВС является оборудование их регуляторами температуры горячей воды. При этом параллельную и двухступенчатую смешанную схемы применяют при независимом регулировании нагрузок отопления и ГВС.

Для последовательной двухступенчатой схемы присоединения водонагревателей, в качестве расчетного расхода горячей воды принимают «балансовый» расход, по которому определяют расход сетевого теплоносителя. Обычно «балансовый» расход на 20–25 % больше среднечасового расхода на ГВС.

Двухступенчатая смешанная схема чаще всего применяется с ограничением максимального расхода сетевого теплоносителя, что также дает возможность использовать теплоаккумулирующую способность здания для компенсации суточной неравномерности потребления теплоты системой ГВС. По сравнению с традиционной двухступенчатой смешанной схемой, в схеме с ограничением максимального расхода регулятор расхода устанавливается не перед системой отопления, а на вводе до места отбора сетевого теплоносителя на теплообменник 2-й ступени. Регулятор настроен на заданный расход. По сигналу датчика, с увеличением разбора горячей воды, регулятор температуры увеличит расход сетевого теплоносителя через теплообменник второй ступени, но так как общий расход ограничен, то это увеличение произойдет за счет уменьшения расхода сетевого теплоносителя на отопление. Практически применение такой схемы по расходу сетевого теплоносителя равноценно применению последовательной схемы. Постоянный расход воды в системе отопления обеспечивается работой циркуляционного насоса и регулятора давления.

В реальных системах водоснабжения, особенно больших микрорайонов, имеет место низкое давление холодной воды, поступающей на подогрев в теплообменник. В этом случае из-за наличия гидравлического сопротивления в теплообменнике и здании подать горячую воду не удастся. Для преодоления такой ситуации устанавливают повысительный насос, чаще всего на трубопроводе, подающем холодную воду.

Если провести классификацию по установленному оборудованию теплового пункта ГВС, то можно предложить следующие варианты компоновки теплового пункта.

Классификация по установленному оборудованию на сетевой магистрали:

- схема теплового пункта системы ГВС с электроприводным клапаном на подающем трубопроводе сетевого теплоносителя;
- схема теплового пункта системы ГВС с электроприводным клапаном на обратном трубопроводе сетевого теплоносителя;
- схема теплового пункта системы отопления с трехходовым краном на обратном трубопроводе сетевого теплоносителя (постоянство расхода).

Классификация по установленному оборудованию в контуре холодного теплоносителя ГВС (по наличию или отсутствию повысительного насоса):

- схема теплового пункта системы ГВС без повысительного насосного блока;
- схема теплового пункта системы ГВС с повысительным насосным блоком на трубопроводе, подающем холодную воду;
- схема теплового пункта системы ГВС с повысительным насосным блоком на трубопроводе, подающем горячую воду.

Число вариантов исполнения теплового пункта ГВС имеет достаточно ограниченное количество наименований, что также как и для тепловых пунктов системы отопления, позволяет в значительной степени унифицировать изготовление таких тепловых пунктов в массовом порядке.

В разработанном математическом обеспечении предусмотрено проектирование теплового пункта горячего водоснабжения по двум основным схемам: смешанной двухступенчатой и параллельной. При проектировании предусмотрена установка циркуляционного насоса или циркуляционно-повысительного насоса, как варианта реализации для смешанной двухступенчатой схемы.

3. Расчет трубопроводов, оборудования систем управления и обеспечения, обвязка насосов тепловых пунктов

После произведенного расчета теплообменников и насосов системы отопления и (или) ГВС, при выборе из меню «IHM Cost» производится по умолчанию выбор основного и вспомогательного оборудования, и расчет диаметров трубопроводов. При выборе «IHM Cost» на экране появляется меню, рис. 9.

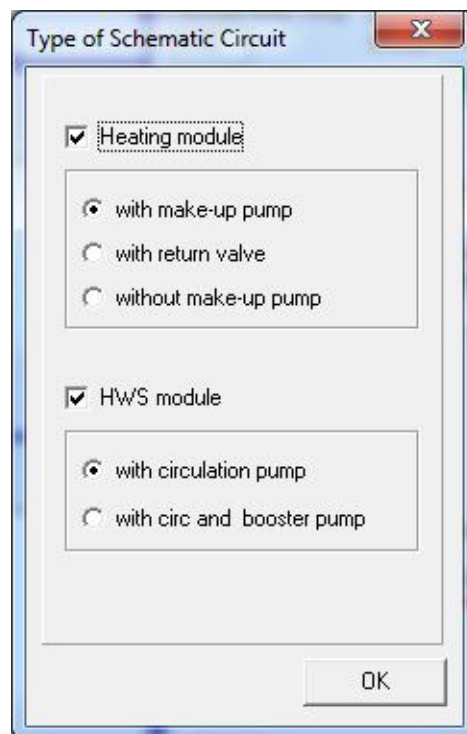


Рисунок 9 – Выбор принципиальной схемы устройства теплового пункта

После выбора принципиальной схемы устройства теплового пункта по нажатию «ОК» появляются страницы для непосредственного расчета оборудования теплового пункта, для отопления – «Heating», рис. 10 и для ГВС – «HWS», представленные на

рис. 11–13.

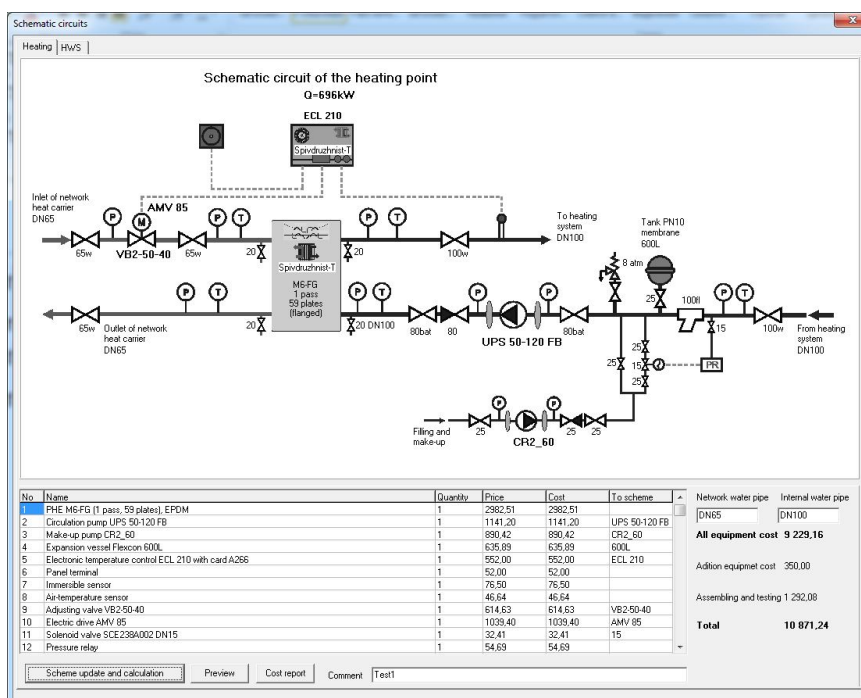


Рисунок 10 – Общий вид принципиальной схемы и номенклатуры установленного оборудования для системы отопления

3.1 Система регулирования и управления

В качестве оборудования системы управления и контроля по умолчанию используется оборудование фирмы «Danfoss», в состав которого входит:

- электронные регуляторы серии ECL Comfort 210 с дисплеем и поворотной кнопкой, с картой A266 – регулирование температуры в контуре отопления и ГВС или с картой A368 – регулирование температуры в контуре отопления и ГВС, управление и защита циркуляционных насосов, управления подпиткой;
- регулятор температуры для системы отопления или ГВС;
- ECL Comfort клеммная панель;
- ECL Comfort 110 с комплектом монтажа (клеммная панель в комплекте) – регулятор одноконтурный — управление клапаном и насосом системы ГВС со скоростным водоподогревателем;
- датчик температуры наружного воздуха (-50 ... +50 °C) марки ESMT;
- датчик погружной медный (l = 100 мм, 0 ... +140 °C) марки ESMU;
- реле давления КР 35;
- клапаны регулирующие седельные фланцевые марки VB2 для диаметров подающих трубопроводов до Ду50 включительно и VFM2 для диаметров с Ду 65 и более;
- электроприводы редукторные с импульсным управлением (трехпозиционные) серии AMV 20 и AMV 30 для Ду50 включительно, AMV 55 и AMV 56 для $65 \leq \text{Ду} \leq 80$ и AME 655 для $\text{Ду} > 80$;

В качестве соленоидного клапана используется соленоидный электромагнитный клапан производства фирмы ASCO Numatics SCE238 A002 Ду15 или TORK.

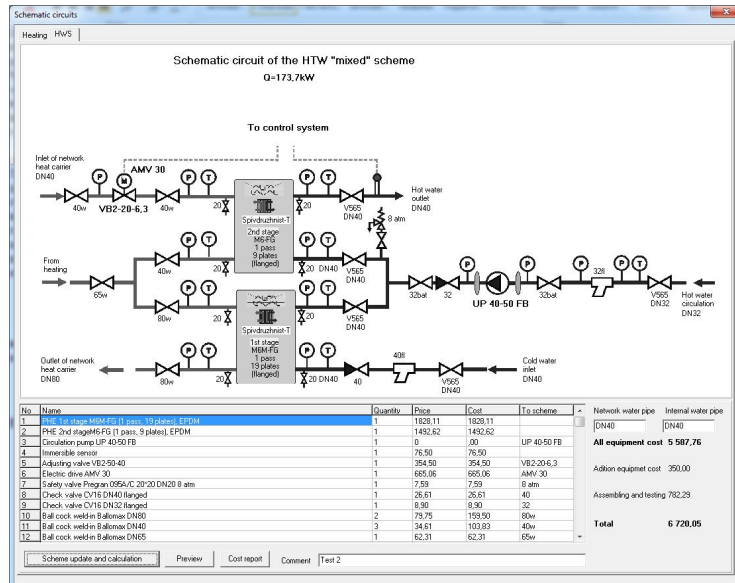


Рисунок 11 – Общий вид принципиальной схемы и номенклатуры установленного оборудования для двухступенчатой смешанной схемы ГВС с циркуляционным насосом

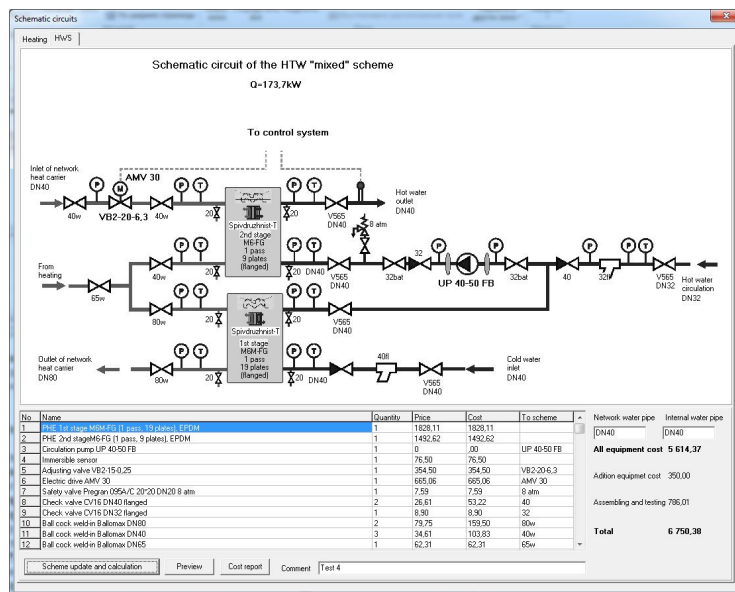


Рисунок 12 – Общий вид принципиальной схемы и номенклатуры установленного оборудования для двухступенчатой смешанной схемы ГВС с циркуляционно-повысительным насосом

3.2 Вспомогательное оборудование

В качестве вспомогательного оборудования системы обеспечения работы теплового пункта, по умолчанию используется оборудование различных фирм, в состав которого входит:

- предохранительные клапаны Pregran 095 A/C;
- обратные клапаны фланцевые ГРАНЛОК серии CV 16;
- обратные клапаны резьбовые ГРАНЛОК серии CV 16 до Ду 32 включительно;

- мембранні розширювальні баки Flamco Flexcon CE високого тиску PN6 і PN10;
- крани шарові фланцеві приварні Broen Ballomax;
- крани шарові муфтові «Boston» і «New York»;
- крани шарові Zetkama V565;
- фільтр фланцевий Zetkama V871 або IS 16M з магнітної вставкою;
- термометри і манометри з краном «Boston» і спускником.

3.3 Обв'язка насосів

Діаметр трубопроводів обв'язки вибирається на один порядок менше, ніж діаметр відповідуючого трубопровода, де встановлено насосний блок. В комплект насосного блоку входять:

- задвижки Sigeval типу «Баттерфляй» ЗПВЛ-FLN-5-MN-E фланцеві;
- обратні клапани фланцеві ГРАНЛОК серії CV 16 або обратні клапани різьбові ГРАНЛОК серії CV 16 до Ду 32 включительно;
- компенсатори трубопроводні резинові (гнучкі вставки) фланцеві і муфтові серії FC ООО «АДЛ продакшн»;
- крани шарові «New York».

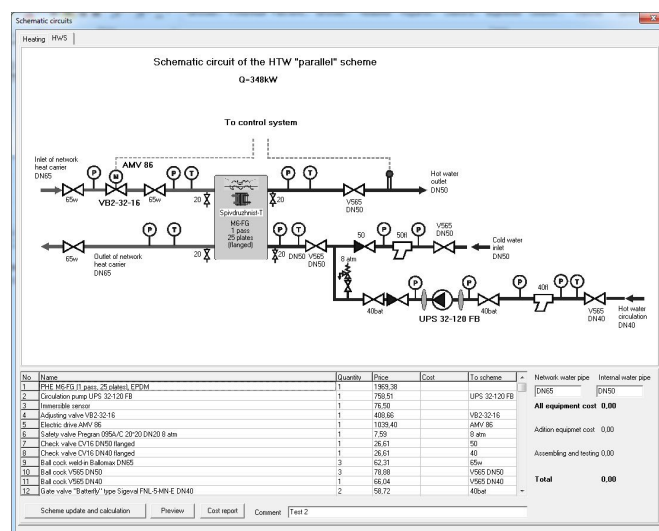


Рисунок 13 – Общий вид принципиальной схемы и номенклатуры установленного оборудования для параллельной схемы системы

3.4 Расчет трубопроводов

Выбор диаметров трубопроводов как на подающих, так и на обратных магистралях осуществляется из удовлетворения условия по скорости теплоносителя, которая не должна превышать значения 1 м/с при максимальном расходе.

4. Расчет стоимости установленного оборудования

Проектирование оборудования теплового пункта и расчет его стоимости оборудования осуществляется по вызову опции «INMCost», в результате чего появляется ок-

но, где предлагается выбор типа теплового пункта отопления и ГВС. После выбора комплектации теплового пункта предлагаются принципиальные схемы и таблицы со списком выбранного оборудования для отопления и ГВС, рис. 10–13.

По нажатию клавиши «Scheme update and calculation» происходит расчет стоимости установленного оборудования, который заносится в колонку «Cost». После этого можно осуществить предварительный просмотр принципиальной схемы и осуществить ее печать «Print», и, если необходимо, предварительная настройка принтера, используя «Print Setup». При необходимости можно сохранить рисунок принципиальной схемы, используя «Save as».

Данные полученные в таблице расчета стоимости можно распечатать, используя «Cost report», рис. 14, задав предварительно название протокола в «Comment».

Schematic circuit of the heating point
Test1
Spivdruzhnist-T

Nb	Name	Quantity	Price	Cost
1	PHE-M8-FG (1 pass, 59 plates), EPDM	1	2882.51	2882.51
2	Circulation pump UPS 55-120 FB	1	1141.20	1141.20
3	Make-up pump CR2_80	1	890.42	890.42
4	Expansion vessel Flexcon 800L	1	635.89	635.89
5	Electronic temperature control ECL 210 with card A.266	1	552.00	552.00
6	Panel terminal	1	52.00	52.00
7	Immersible sensor	1	78.50	78.50
8	Air-temperature sensor	1	46.64	46.64
9	Adjusting valve V82-20-40	1	614.63	614.63
10	Electric drive AMV 85	1	1039.40	1039.40
11	Solenoid valve SCE238A002 DN15	1	32.41	32.41
12	Pressure relay	1	54.89	54.89
13	Safety valve Ptegran 085A/C 20°20 DN20 8 atm	1	7.59	7.59
14	Check valve CV 16 DN60 flanged	1	39.45	39.45
15	Check valve DN25 coupling	1	5.71	5.71
16	Ball cock/weld-in Ballmax DN65	3	62.31	186.93
17	Ball cock/weld-in Ballmax DN100	2	105.85	211.70
18	Gate valve "Butterfly" type Sigval FNL-5-MVE DN60	2	68.87	137.74
19	Ball cock coupling Boston inside thread DN15	1	3.27	3.27
20	Ball cock coupling Boston inside thread DN25	3	7.21	57.88
21	Ball cock coupling Boston inside thread DN20	4	4.81	19.24
22	Flexible connector anti-vibration 1" DN80	2	46.32	92.64
23	Flexible connector anti-vibration 1/2" DN20	2	13.24	26.48
24	Riser flanged DN100	1	121.84	121.84
25	Bimetallic thermometer 0-160	5	10.00	50.00
26	Manometer w ith tap	10	15.08	150.80
All equipment cost				9 229.16
Addition equipment cost				350.00
Assembling and testing				1 292.08
Total				10 871.24

Рисунок 14 – Общий вид протокола стоимости оборудования теплового пункта

Редактирование или внесение изменений в номенклатуру оборудования ТП осуществляется в колонке «To scheme». После этого можно изменить название редактируемого оборудования на новое в колонке «Name», его количество в «Quantity», стоимость в «Price» и пересчитать новую полную стоимость. Все внесенные изменения найдут свое отражение на схеме теплового пункта и в протоколе его стоимости.

Расчетные диаметры трубопроводов представлены на панели справа внизу экрана. Там же приведены данные об общей стоимости оборудования и стоимости теплового пункта с учетом соединительной арматуры и услуг по монтажу.

Заключение

Представленное описание системы программ для оптимального выбора схемы теплового пункта и его оборудования позволяет, прежде всего, осуществлять корректный выбор пластинчатых теплообменников системы отопления и ГВС (по смешанной и параллельной схеме) и циркуляционных насосов по заданному критерию выбора. Рас-

чет основного оборудования проводится по критерию приведенных затрат с учетом прогнозируемого загрязнения поверхности теплообмена. Представленное математическое обеспечение позволяет оптимизировать расчет теплообменников при присоединении по смешанной двухступенчатой схеме, запроектировать общую схему ТП, подобрать и рассчитать оборудование ТП, редактировать конфигурацию модуля в целом, оценить стоимость предложенной конфигурации теплового пункта, быстро вводить изменения и дополнения, получить полную техническую документацию, экономический расчет и техническое сопровождение проекта.

Литература

1. Костенко Ю.Т. Энергетическая стратегия Украины – энергосбережение / Ю.Т. Костенко, Л.Л. ТОВАЖНЯНСКИЙ, П.А. Капустенко // Интегрированные технологии и энергосбережение, 1999. – N1. – С. 3–7.
2. Magnel L. District Heating is profitable / L. Magnel // SweHeat, 1996. – N1. – P. 8–20.
3. Энергосберегающие мероприятия с применением пластинчатых теплообменников в системах теплоснабжения /Л.Л. ТОВАЖНЯНСКИЙ, П.А. Капустенко, А.Ю. Перевертайленко, Л.С. Яремчук // Интегрированные технологии и энергосбережение, 1999. – N1. – С. 28–30.
4. СНиП 2.04.05-91 «Отопление, вентиляция, кондиционирование» // Госкомитет по строительству, архитектуре и жилищной политике Украины. – Киев, 1992. – 36 с.
5. Изменения №1 к СНиП 2.04.05-91 «Отопление, вентиляция, кондиционирование» // Госкомитет по строительству, архитектуре и жилищной политике Украины. – Киев, 1998. – 36 с.
6. Наладка и эксплуатация водяных тепловых сетей: Справочник / В.И. Манюк, Я.И. Каплинский, Э.Б. Хиж, А.И. Манюк, В.К. Ильин. – М.: Стройиздат, 1988. – 432 с.
7. Повышение эффективности работы систем горячего водоснабжения / Н.Н.Чистяков, М.М. Грудзинский, В.И.Ливчак, И.Б. Покровская, Е.И.Прохоров. – М.: Стройиздат, 1988. – 314 с.
8. Водяные тепловые сети: Справочное пособие по проектированию / Под ред. Н.К. Громова, Е.П. Шубина.- М.: Энергоатомиздат, 1988.– 376 с.
9. Павлов И.И. Котельные установки и тепловые сети / И.И. Павлов, М.Н. Федоров. – М.: Стройиздат, 1986. – 232 с.

Bibliography (transliterated)

1. Kostenko Yu.T. Energeticheskaya strategiya Ukrainyi – energosberezhenie / Yu.T. Kostenko, L.L. Tovazhnyanskiy, P.A. Kapustenko // Integrirovannyye tehnologii i energosberezhenie, 1999. – N1. – P. 3–7.
2. Magnel L. District Heating is profitable / L. Magnel // SweHeat, 1996. – N1. – P. 8–20.
3. Energosberegayuschie meropriyatiya s primeneniem platinchatyih teploobmennikov v sistemah teplosnabzheniya /L.L. Tovazhnyanskiy, P.A. Kapustenko, A.Yu. Perevertaylenko, L.S. Yaremchuk // Integrirovannyye tehnologii i energosberezhenie, 1999. – N1. – P. 28–30.
4. SNiP 2.04.05-91 «Otoplenie, ventilyatsiya, konditsionirovanie» // Goskomitet po stroitelstvu, arhitekture i zhilischnoy politike Ukrainyi. – Kiev, 1992. – 36 p.

5. Izmeneniya #1 k SNiP 2.04.05-91 «Otoplenie, ventilyatsiya, konditsionirovanie» // Goskomitet po stroitelstvu, arhitekture i zhilischnoy politike Ukrainyi. – Kiev, 1998. – 36 p.
6. Naladka i ekspluatatsiya vodyanyih teplovyih setey: Spravochnik / V.I. Manyuk, Ya.I. Kaplinskiy, E.B. Hizh, A.I. Manyuk, V.K. Ilin. – M.: Stroyizdat, 1988. – 432 p.
7. Povyishenie effektivnosti raboty sistem goryachego vodosnabzheniya / N.N.Chistyakov, M.M. Grudzinskiy, V I.Livchak, I.B. Pokrovskaya, E.I.Prohorov. – M.: Stroyizdat, 1988. – 314 p.
8. Vodyanyie teplovyie seti: Spravochnoe posobie po proektirovaniyu / Pod red. N.K. Gromova, E P. Shubina.- M.: Energoatomizdat, 1988.– 376 p.
9. Pavlov I.I. Kotelnyie ustanovki i teplovyie seti / I.I. Pavlov, M.N. Fedorov. – M.: Stroyizdat, 1986. – 232 p.

УДК 66.045.1

Бабак Т.Г., Демірський А.В., Хавін Г.Л.

ПРОЕКТУВАННЯ, РОЗРАХУНОК ОБЛАДНАННЯ І МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ ТЕПЛОВИХ ПУНКТИВ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ ТА ГВП

Надано опис, конструктивні особливості і порядок роботи автоматизованої системи проектування теплових пунктів комунального теплопостачання на основі пластинчастого теплообмінного обладнання. Розрахунок теплообмінників здійснюється за критерієм приведених витрат з урахуванням забруднення поверхні теплообміну в процесі експлуатації. Подано класифікацію теплових пунктів за призначенням і характером встановленого устаткування. Представлена опрацьована система управління і регулювання роботою теплового пункту та номенклатура додаткового обладнання.

Babak T.G., Demirskyu A.V., Khavin G.L.

DESIGN, CALCULATE OF EQUIPMENT AND OPERATION MODELLING THE HEAT POINT OF HEATING SYSTEM AND HTW

The automated system of designing heating points based on plate heat exchangers is developed. Their classification according to the installed basic equipment is submitted. The nomenclature of the operation control system and substation accessories is adduced.

The description, design features and operation of the automated system for designing heat supply points for district heat supply based on plate heat exchanging equipment are presented. Calculation of heat exchangers is carried out by the criterion of the reduced costs taking into account the fouling of the surface of heat exchange during operation. Classification of heat points according to purpose and installed equipment is presented. Presented tried-and-true control system and regulation of the operation for the heat point and the nomenclature of additional equipment.