



**СХЕМА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ В  
АДМИНИСТРАТИВНЫХ ГРАНИЦАХ  
ГОРОДА ПЕРМИ НА ПЕРИОД  
ДО 2035 ГОДА  
(АКТУАЛИЗАЦИЯ НА 2020 ГОД)**

**ОБОСНОВЫВАЮЩИЕ МАТЕРИАЛЫ**

**ГЛАВА 9**

**ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ПЕРЕВОДУ  
ОТКРЫТЫХ СИСТЕМ  
ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ (ГОРЯЧЕГО  
ВОДОСНАБЖЕНИЯ) В ЗАКРЫТЫЕ  
СИСТЕМЫ ГОРЯЧЕГО  
ВОДОСНАБЖЕНИЯ**

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Описание актуальных изменений в предложениях по переводу открытых систем теплоснабжения (горячего водоснабжения) в закрытые системы горячего водоснабжения за период, предшествующий актуализации схемы теплоснабжения, в том числе с учетом введенных в эксплуатацию переоборудованных центральных и индивидуальных тепловых пунктов .....	4
2. Общее описание централизованных систем горячего водоснабжения г. Перми с подключением потребителей по открытой схеме .....	4
3. Техничко-экономическое обоснование предложений по типам присоединений теплопотребляющих установок потребителей (или присоединений абонентских вводов) к тепловым сетям, обеспечивающим перевод потребителей, подключенных к открытой системе теплоснабжения (горячего водоснабжения), на закрытую систему горячего водоснабжения.....	5
3.1. Типы теплообменных аппаратов и особенности их выбора и эксплуатации .....	5
3.1.1. Пластинчатые разборные теплообменные аппараты .....	6
3.1.2. Пластинчатые паяные теплообменные аппараты.....	8
3.1.3. Пластинчатый моноблок: плюсы и минусы.....	10
3.1.4. Определение запаса теплообменной поверхности и продолжительности межпромывочного периода пластинчатого водонагревателя для ГВС.....	15
3.1.5. Кожухотрубные подогреватели .....	16
3.1.6. Теплообменные аппараты типа ТТАИ и специфические особенности индивидуальных тепловых пунктов созданных на их основе .....	29
3.1.7. Винтовые подогреватели .....	32
3.1.8. Сравнение пластинчатых и кожухотрубных теплообменных аппаратов .....	34
3.1.9. Общие выводы по разделу 1 .....	44
3.2. Целесообразность комплексной реконструкции ИТП с переводом потребителей на независимую схему .....	46
4. Выбор и обоснование метода регулирования отпуска тепловой энергии от источников тепловой энергии .....	48
5. Предложения по реконструкции тепловых сетей для обеспечения передачи тепловой энергии при переходе от открытой системы теплоснабжения (горячего водоснабжения) к закрытой системе горячего водоснабжения.....	48
6. Расчет потребности инвестиций для перевода открытой системы теплоснабжения (горячего водоснабжения) в закрытую систему горячего водоснабжения и план-график реализации мероприятий .....	51
7. Оценка целевых показателей эффективности и качества теплоснабжения в открытой системе теплоснабжения (горячего водоснабжения) и закрытой системе горячего водоснабжения.....	59
8. Предложения по источникам инвестиций .....	59
Приложение 1. Капитальные затраты по каждому зданию, требуемые для перевода потребителей на закрытую схему ГВС.....	61

### РЕЕСТР ТАБЛИЦ

Таблица 1 - Данные для подбора теплообменников .....	14
Таблица 2 - Результаты сравнительного анализа теплообменников на нагрузку по отоплению 0,4184 Гкал/ч при расходе воды на ГВС 7,04 м <sup>3</sup> /ч .....	41
Таблица 3 - Результаты расчетов габаритных объемов теплообменных аппаратов разных типов, м <sup>3</sup> .....	42
Таблица 4 - Результаты расчетов поставщиков теплообменных аппаратов ГВС разных типов .....	42
Таблица 5 - Сравнение теплообменников по эксплуатационным требованиям .....	45
Таблица 6 - Инвестиции в развитие сетевого хозяйства от котельной Новые Ляды.....	50
Таблица 7 - Инвестиции в развитие сетевого хозяйства от котельной Кислотные Дачи.....	50
Таблица 8 - Цены на реконструкцию ИТП, отнесенные к величине суммарной договорной нагрузке .....	56
Таблица 9 - Затраты на оборудование ИТП в текущих ценах на примере 5 и 9 этажных домов, с теплообменными аппаратами типа JAD .....	57
Таблица 10 - Капитальные затраты на мероприятия по организации закрытой схемы ГВС и план- график реализации, тыс. руб. ....	58

### РЕЕСТР РИСУНКОВ

Рисунок 1 - Моноблок для двухступенчатой системы ГВС.....	13
Рисунок 2 - Эскиз конструкции ТА .....	18
Рисунок 3 - Трубчатый ТО с корпусом в виде параллелепипеда .....	20
Рисунок 4 - Рекомендуемый расход греющей воды .....	21
Рисунок 5 - Рекомендуемый расход греющей воды .....	22
Рисунок 6 - Диапазон тепловых потоков .....	23
Рисунок 7 - Теплообменники ВВПИ в котельной МУП "Теплосервис".....	25
Рисунок 8 - Элементы схемы ИТП на базе кожухотрубных теплообменных аппаратов.....	28
Рисунок 9 - Технологическая схема ИТП .....	29
Рисунок 10 - Схема движения теплоносителей.....	32
Рисунок 11 - Расположение ИТП.....	37
Рисунок 12 - Сопоставимые характеристики теплообменных аппаратов по данным АСРС (06.2015 г.) – горячее водоснабжение.....	43
Рисунок 13 - Сопоставимые характеристики теплообменных аппаратов по данным АСРС (06.2015 г.) – отопление .....	44
Рисунок 14 - Принципиальная схема ТП с закрытой системой горячего водоснабжения и независимой схемой присоединения системы отопления.....	47
Рисунок 15 - Трассировка магистралей от котельной Новые Ляды ООО «ПСК», подлежащих перекладке.....	49
Рисунок 16 - Трассировка магистралей от котельной Кислотные Дачи ООО «ПСК», подлежащих перекладке.....	50
Рисунок 17 - Сравнение удельной стоимости ИТП (закрытие ГВС + организация независимой схемы) для ТА JAD и ТТАИ .....	53
Рисунок 18 - Принятые цены на реконструкцию оборудования ИТП.....	55

## **1. Описание актуальных изменений в предложениях по переводу открытых систем теплоснабжения (горячего водоснабжения) в закрытые системы горячего водоснабжения за период, предшествующий актуализации схемы теплоснабжения, в том числе с учетом введенных в эксплуатацию переоборудованных центральных и индивидуальных тепловых пунктов**

Настоящая глава разработана впервые, в соответствии с требованиями ПП РФ от 03.04.2018 г. №405 «О внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации». В базовой версии вопрос перехода на закрытую схему ГВС рассматривался частично в Главе 7 (ныне – Глава 8 «Предложения по строительству и реконструкции тепловых сетей и сооружений на них»).

При актуализации вопрос проработан более детально:

- Представлено технико–экономическое обоснование выбора кожухотрубных теплообменных аппаратов;
- Определены затраты на реконструкцию тепломагистралей (не учитывалось в базовой версии);
- Определена суммарная потребность в инвестициях с учетом реконструкции ИТП, тепломагистралей. Также оценочно приведены затраты на реконструкцию тепломагистралей ХВС;
  - Разработан график перевода;
  - Описаны основные эффекты от перевода;
  - В качестве источников инвестиций предложены тарифные источники (прибыль, направленная на инвестиции, амортизационные отчисления).

## **2. Общее описание централизованных систем горячего водоснабжения г. Перми с подключением потребителей по открытой схеме**

В настоящее время подключение систем горячего водоснабжения потребителей по открытой схеме имеется в зонах теплоснабжения источников ВК Кислотные Дачи и ВК Новые Ляды, принадлежащих ООО «ПСК». Также открытую схему подключения ГВС имеют несколько домов в зоне теплоснабжения от ВК Искра НПО «Искра» (ул. Академика Веденеева 79, 81, 83, 85). В связи предполагаемым переключением потребителей жилой застройки от ВК Искра на принадлежащую ООО «ПСК» ВК Молодежную (переключение обосновано в Главе 5 «Мастер-план»), проблемы закрытия ГВС в г. Перми относятся только к ООО «ПСК».

Тепловая нагрузка подлежащих закрытию открытых систем ГВС невелика:

Зона ВК Кислотные дачи 2,1 Гкал/ч;

Зона ВК Новые Ляды 0,4 Гкал/ч;

Зона ВК Искра 0,3 Гкал/ч.

### **3. Технико-экономическое обоснование предложений по типам присоединений теплопотребляющих установок потребителей (или присоединений абонентских вводов) к тепловым сетям, обеспечивающим перевод потребителей, подключенных к открытой системе теплоснабжения (горячего водоснабжения), на закрытую систему горячего водоснабжения**

Возможности «закрытия» схемы ГВС у каждого потребителя (в том числе и в рамках одной серии жилых домов) различны и не существует единого технического решения, позволяющего унифицировать подходы и сформировать типовые технические решения по переходу на закрытую схему ГВС.

С целью создания вариативности выбора схемы ИТП и выбора комплектующих частей необходимо рассмотреть предварительно варианты реализации и эффективность от того или иного проектного решения.

#### **3.1. Типы теплообменных аппаратов и особенности их выбора и эксплуатации**

Наиболее распространены исторически на территории СССР были кожухотрубные теплообменные аппараты. Достаточно громоздкие, связанные «калачами», и имеющие всем известные недостатки, они были в каждой котельной или ТЭЦ. Появившиеся в начале 1990-х годов на их фоне пластинчатые (тогда в основном, импортные) теплообменники казались революционным технологическим прорывом. Правда, когда был накоплен первый опыт эксплуатации, стало ясно, что и они не идеальны, у них есть ряд существенных недостатков, основной - чувствительность к качеству теплоносителя. Отложение оксидов железа, кремния, солей жесткости и органики на теплообменных поверхностях при нагреве воды создает массу трудностей эксплуатационным службам - для восстановления теплотехнических показателей стандартного оборудования аппараты приходится останавливать на чистку, причем период между чистками может составлять непродолжительное время, в связи с чем иногда приходится иметь до 300% запаса поверхности подогревателей, что резко увеличивает капитальные и эксплуатационные

затраты. Ниже рассмотрим основные типы теплообменных аппаратов, представленных на рынке.

### **3.1.1. Пластинчатые разборные теплообменные аппараты**

К преимуществам пластинчатых теплообменников обычно относят:

1. Высокий коэффициент теплопередачи в пластинчатых теплообменниках обуславливает их компактность;
2. Возможность полной разборки для очистки;
3. Возможность увеличить/уменьшить поверхность теплообмена, если изменилась тепловая нагрузка.

#### **Требования к пластинчатым теплообменникам в системах теплоснабжения:**

1. Если качество химводоподготовки сетевой воды невысокое, а водопроводная вода очень жесткая, то пластинчатые теплообменники должны быть обязательно разборными. Химическая промывка полностью не очищает теплообменники, поэтому должна существовать возможность их разборки;

2. Предпочтительно использовать одноходовые теплообменники. В этом случае все соединения расположены на неподвижной плите и при разборке теплообменника не требуется демонтаж трубопроводов;

3. При 2-х ступенчатой схеме подключения подогревателей ГВС на каждую ступень должен устанавливаться отдельный теплообменник. Моноблоки, которые некоторые производители предлагают в целях удешевления теплообменников, имеют ряд существенных недостатков:

- в моноблоке на одной раме объединены 1-я и 2-я ступени ГВС. Это 2-х ходовой теплообменник, в котором каждый теплоноситель движется сначала вниз, затем вверх. Такая U -образная конструкция приводит к быстрому засорению нижнего коллектора моноблока;

- при раздельной установке теплообменников в случае отключения одной ступени большую часть нагрузки ГВС возможно обеспечить при помощи оставшейся в работе ступени. При установке моноблока потребитель полностью лишается горячей воды в случае его ремонта;

- в моноблоке трубопроводы присоединяются и к неподвижной, и к подвижной плитам. При разборке моноблока требуется демонтаж трубопроводов, что усложняет ремонт и увеличивает сроки его проведения.

Существует лишь одна причина, которая допускает установку моноблока - это отсутствие места для размещения двух теплообменников. Следует особо отметить, что

расчет моноблоков чаще всего проводят неквалифицированно, что на практике приводит к занижению поверхности и превышению допустимых потерь напора. Расчет моноблока требует специальных знаний в области теплоснабжения и теплопередачи.

4. Пластины в теплообменниках должны быть из коррозионно-стойкой стали, устойчивой к воздействию хлора, AISI 316, уплотнительные прокладки - из термостойкой резины EPDM (максимальная рабочая температура - 150 °С). В этом случае срок службы теплообменников составляет не менее 30 лет, а прокладки придется менять не чаще, чем раз в 7-9 лет.

Многие производители теплообменников в целях удешевления продукции используют пластины из менее качественной стали AISI 304, которые выходят из строя за 5-7 лет из-за сквозной коррозии, и прокладки NBR, для которых максимальная рабочая температура - 110 °С. В этом случае срок службы теплообменников значительно снижается, уплотнительные прокладки придется менять гораздо чаще. Следует отметить, что у многих производителей стоимость уплотнительных прокладок составляет большую долю от общей стоимости теплообменника;

5. Обычно максимальное рабочее давление в тепловом пункте составляет 12 кгс/см<sup>2</sup>, при проведении гидравлических испытаний - 16 кгс/см<sup>2</sup>. Именно с учетом данных параметров должны подбираться теплообменники. Рабочее давление в аппарате определяется в меньшей степени толщиной и конструкцией пластин, а в большей степени толщиной прижимных плит рамы и стяжными болтами теплообменника. На российском рынке появились производители, которые с целью удешевления теплообменников делают облегченные рамы. Вызывает опасение, что такой теплообменник сможет надежно работать при указанных выше давлениях, особенно при значительных изменениях температуры и давления;

6. Как правило, на тепловых пунктах принята двухступенчатая схема присоединения подогревателей ГВС и независимое присоединение системы отопления. Расчет пластинчатых теплообменников должен быть проведен с учетом схемы их присоединения, температурных графиков и располагаемых напоров. В расчете должна быть учтена также циркуляция ГВС;

7. Единичная мощность тепловых пунктов для разных городов России различна и находится в диапазоне от 0,1 Гкал/ч до 20 Гкал/ч. Для оптимального покрытия таких нагрузок предприятия производители должны иметь широкий типоразмерный ряд теплообменников, не менее 10-12 различных по площади проточной части и диаметру проходных отверстий пластин;

8. Следует также отметить, что зарубежные поставщики пластинчатых теплообменников привыкли к тому, что в европейских странах водопроводная (исходная) вода для ГВС обязательно умягчается перед поступлением в теплообменник. В России жесткость исходной воды очень высока, поэтому при установке пластинчатых теплообменников для систем ГВС необходимо принимать соответствующие меры. С этой целью надо обязательно автоматизировать систему ГВС. Желательно предусмотреть установку для умягчения исходной воды или применять другое техническое решение: стабилизировать температуру теплоносителя на входе в теплообменник горячего водоснабжения. Известно, что наиболее интенсивное образование карбонатных отложений происходит в диапазоне температур от 60 до 90 °С. Для стабилизации температуры теплоносителя можно установить насос на перемычке между подающим и обратным трубопроводами со встроенным частотным преобразователем. Управление частотным преобразователем и, следовательно, насосом осуществляет электронный автоматический регулятор, контролирующей температуру теплоносителя на входе в теплообменник ГВС. Применение такой схемы позволяет продлить межремонтный цикл промывки теплообменников в несколько раз.

### **3.1.2. Пластинчатые паяные теплообменные аппараты**

Паяные теплообменники по многим характеристикам, в том числе по энергоэффективности, превосходят разборные.

Уже многие российские теплоснабжающие организации имеют опыт эксплуатации пластинчатых теплообменников. На сегодняшний день при выборе между паяными и разборными теплообменниками потребитель чаще отдает предпочтение разборным. Почему это происходит? Основных причин две:

- разборные теплообменники поддаются механической очистке;
- в случае ошибки в расчетах или изменения присоединенной нагрузки количество пластин можно легко изменить на месте.

Между тем обе эти причины не являются объективным препятствием для использования паяных теплообменников на российском рынке.

В России (особенно в регионах) преимущественно используется механический способ, как более дешевый, между тем в западных странах в основном используется химическая промывка. По мнению г-на Вейкко Хокканена, начальника отдела теплоснабжения энергетической компании города Хельсинки, «если теплообменник загрязнен отложениями, которые не удаляются промывкой, как правило, их невозможно удалить и с помощью механической очистки».

Какие недостатки есть у механического метода очистки? Практика показала, что образовавшиеся в теплообменниках отложения имеют очень высокую адгезию. После чистки убирается только рыхлый осадок с пластин, тонкая поверхностная пленка, способствующая повторному накоплению загрязнений, остается нетронутой. Между тем промывочный состав, на основе, например, ортофосфорной кислоты с добавлением органических кислот, позволяет быстро очистить поверхности пластин, замедляя повторное образование отложений.

Процедура механической очистки разборных теплообменников трудоемка, требует применения ручного труда квалифицированных специалистов. При этом всегда присутствует риск повредить пластины и прокладки, особенно клеевого типа. Производители рекомендуют после каждой разборки теплообменника полностью заменять весь комплект уплотнений. Это предупреждение обоснованное, так как поврежденная прокладка может вызвать течь, особенно во время пиковых нагрузок.

В настоящий момент все больше организаций стали обращать внимание на возможность химической промывки теплообменников. В Санкт-Петербурге компания «Финрейла» использует для этих целей импортный промывочный агрегат. В качестве промывочной жидкости применяется 10-процентный раствор сульфаминовой кислоты. В представительстве компании «Сететерм» собственный промывочный агрегат предоставляется постоянным партнерам - покупателям теплообменников. Промывочные машины имеются в Москве; кроме того, подобное оборудование и специальные химикаты поставляются во все города, участвующие в проектах Мирового банка, связанных с установкой тепловых пунктов с теплообменниками.

Таким образом, возможность механической очистки перестает восприниматься как бесценное преимущество разборных теплообменников перед паяными.

Обращаясь ко второй причине, влияющей на выбор потребителей в пользу разборных теплообменников, следует отметить, что самостоятельный ремонт разборного теплообменника весьма дорого обойдется потребителю. Ценовая политика производителей предусматривает продажу комплектующих по цене, в 1,5-2 раза превосходящую их себестоимость в готовом изделии. Стоимость только комплекта прокладок для разборного теплообменника составляет не менее чем 1/5 стоимости самого теплообменника. Поэтому целесообразнее в тех случаях, когда заранее известно о необходимости увеличения присоединенной нагрузки в будущем, сразу выбирать теплообменник максимальной проектной мощности.

Какие же преимущества есть у паяных теплообменников по сравнению с разборными? Теплоснабжающая компания г. Хельсинки называет три:

- продолжительный срок службы (в среднем 20 лет, при сроке службы разборных теплообменников менее 10 лет);
- высокая надежность, исключая возможность протечек между пластинами;
- более высокий коэффициент теплопередачи.

От себя добавим еще две причины, менее актуальные для Финляндии, где гидравлические режимы в сетях достаточно стабильны, а температура воды в подающем трубопроводе не превосходит 115 °С. Это:

- устойчивость к длительным высокотемпературным нагрузкам (при температуре в подающем трубопроводе выше 120 °С срок службы прокладок в разборном теплообменнике существенно сокращается);
- высокая механическая прочность, позволяющая выдержать гидравлические удары, выводящие из строя разборные теплообменники.

На основе первых трех причин в Хельсинки со второй половины 80-х годов не разрешается установка разборных пластинчатых теплообменников, за исключением особых случаев. В нормативных материалах, касающихся установки новых теплообменников в тепловых пунктах потребителей, запрещается использование уплотнений на основе резинокомпозитных материалов, опять же в особых случаях. В отношении эластичных уплотнительных материалов устанавливается требование продолжительного гарантийного срока фирмы-изготовителя (например, 10 лет). Аналогичного мнения придерживаются и в другой ведущей в области коммунальной энергетики стране - Швеции.

Однако не только эти причины должны определять выбор в пользу одного или другого типа теплообменника. В настоящий момент на российском рынке основным критерием остается стоимость оборудования и его монтажа.

С точки зрения стоимости, расчета показали: чем меньше теплообменник, тем выгоднее выбирать паяный.

Однако настоящее исследование не будет полным, если не указать, что область применения паяных теплообменников имеет определенные ограничения. Таким ограничением является верхний предел мощности, который, по мнению специалистов, не должен превосходить 5 МВт, хотя некоторые производители называют и большие значения. Таким образом, становится понятным широкое распространение паяных теплообменников в Северной Европе, где используется двухтрубная система с ИТП сравнительно малой мощности в каждом доме.

### **3.1.3. Пластинчатый моноблок: плюсы и минусы**

Двухступенчатая смешанная система горячего водоснабжения может быть ре-

ализована на таком типе пластинчатых теплообменников как моноблок.

Моноблок - специальный тип пластинчатого теплообменника для двухступенчатой системы ГВС, в котором обе ступени размещены в одном корпусе, такой теплообменник имеет шесть патрубков (см. рисунок 1).

Широту применения моноблока обусловили следующие факторы: большая компактность, по сравнению с двумя отдельными теплообменниками, и, соответственно, меньшая стоимость. Эти же факторы являются основными и, пожалуй, единственными плюсами моноблока. Попробуем определиться с минусами.

**«Простота» монтажа.** Кажется естественным то, что смонтировать маленький аппарат гораздо проще, чем два таких же. Но в результате монтажа моноблока - смонтированный моноблок выглядит как человек-паук, опутанный гирляндами трубопроводов арматуры и измерительных приборов, если они присутствуют, конечно. Сразу же теряется такая важная вещь, как удобство обслуживания. Если в обычном пластинчатом теплообменнике все патрубки расположены на неподвижной плите (Н1-Н4) и для его обслуживания и ремонта требуется всего лишь отключение теплообменника и сброс давления, то для разборки моноблока потребуются отсоединение патрубков от подвижной задней плиты. Далее, если трубопроводы задней плиты перекрывают доступ к моноблочному теплообменнику, то это также усложняет доступ к нему. То есть для нормальной эксплуатации моноблока следует, во-первых, сделать грамотный проект привязки его к существующим трубопроводам теплоносителя, холодной и горячей воды с целью обеспечения нормального доступа для обслуживания и ремонта. И, во-вторых, следует предусмотреть специальный вариант крепления трубопроводов к задней плите (через какие-либо съемные элементы) для того, чтобы обеспечить подвижность задней плиты без передвижения теплообменника с места. Поэтому зачастую смонтированный моноблок занимает объем не меньший, чем два отдельных теплообменника.

**Вопросы надежности.** Естественно, два отдельных аппарата надежнее одного, выполняющего такую же функцию. При выходе из строя одного из теплообменников можно работать с частичной нагрузкой системы ГВС, пока ремонтируется или обслуживается второй. Моноблок же при выходе из строя даже одной из ступеней должен быть выведен из работы весь, т.к. корпус один на обе ступени.

**Функциональность, эффективность.** В подборе моноблочного теплообменника тоже есть свои нюансы. Зачастую трудно или практически невозможно создать

моноблочную компоновку двухступенчатой смешанной схемы ГВС, по эффективности равную двум отдельным теплообменникам. Это обусловлено тем, что используемый тип пластины в моноблоке для обеих ступеней один. И в пределах теплофизических свойств этого типа нам приходится решать задачу по компоновке пакетов для обеих ступеней, в то время, как первая и вторая ступени могут различаться, как минимум, по расходам, особенно по стороне теплоносителя. Например, требования для первой ступени - это способность пропустить суммарный расход теплоносителя системы отопления и теплоносителя второй ступени при обеспечении небольших гидравлических сопротивлений и среднем теплосъеме. Требования же для второй ступени - это относительно небольшие расходы по стороне теплоносителя и воды ГВС, более высокие допустимые гидравлические сопротивления и существенно больший теплосъем. То есть, если бы это были два отдельных теплообменника, то теплообменник первой ступени должен быть с большим диаметром патрубков и с «короткой» пластиной, а теплообменник второй ступени с меньшим диаметром патрубка и более «длинной» пластиной.

Рассмотрим вариант задания для подбора оборудования для двухступенчатой смешанной схемы. Исходные данные таковы: нагрузка системы ГВС 0,4 Гкал/ч, нагрев холодной воды с 5 °С до 60 °С, нагрузка системы отопления 1,2 Гкал/ч, температурный график 150/70.

Разбивая нагрузку по ступеням, в соответствии с СП 41-101-95, для заданных условий получаем исходные данные для подбора теплообменников ступеней (см. таблицу 1).

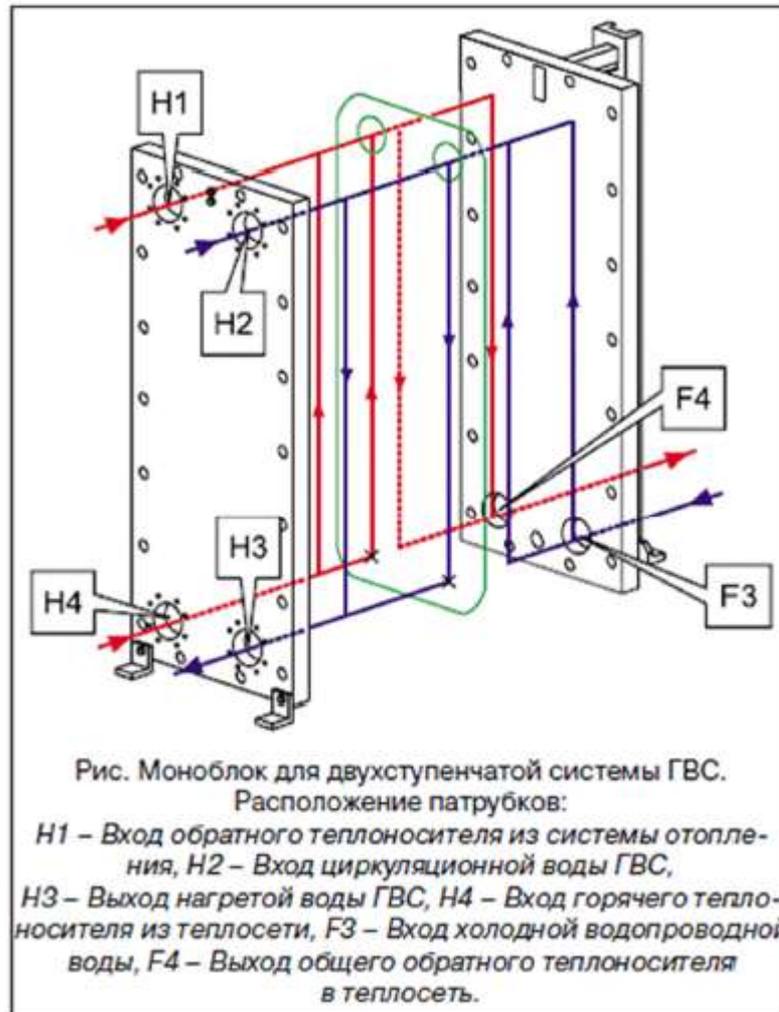


Рисунок 1 - Моноблок для двухступенчатой системы ГВС

Фактически величина NTU характеризует тот тепловой режим, на котором будет работать теплообменник. Чем больше NTU, тем больше должна быть тепловая «длина» пластины теплообменника.

В нашем случае видно, что теплообменник второй ступени должен обладать большей, почти на 50%, способностью к теплосъему (тепловой «длиной»), чем теплообменник первой ступени. Кроме того, расходы по греющей стороне обеих ступеней отличаются почти в три раза. Это означает, что если для теплообменника второй ступени достаточны патрубки Ду32, то для теплообменника первой ступени патрубки должны быть больше, не менее Ду50.

**Пакет пластин.** Как уже отмечалось выше, моноблок - это, по сути, два теплообменника, размещенных в одной раме. А значит, и два пакета пластин, размещенных в одной раме, разделенных разворотной пластиной, имеющей два (верхних или нижних)

глухих отверстия порта. Обычно ближе к неподвижной плите находится пакет второй ступени, а за ней пакет первой ступени. Но из-за разных функций, выполняемых этими пакетами (см. выше), они имеют разную компоновку и количество пластин. И так как все эти пакеты находятся в одном корпусе, есть вероятность того, что в процессе обслуживания произойдет ошибка при сборке всего пакета пластин моноблока. То есть, если после разборки моноблока пакеты поменять местами или неправильно их скомпоновать (например, пластины первой ступени с малой тепловой «длиной» установить для второй ступени и наоборот), то, вновь собрав аппарат, не будут получены характеристики, которые были заложены в него изначально.

**Таблица 1 - Данные для подбора теплообменников**

1 ступень	Единицы измерения	Греющая сторона	Нагреваемая сторона
Расход	м <sup>3</sup> /ч	21,4	7,3
Температура на входе	°С	42,2	5
Температура на выходе	°С	31,0	38
Величина NTU*		1.9	
II ступень	Единицы измерения	Греющая сторона	Нагреваемая сторона
Расход	м <sup>3</sup> /ч	6,4	7,3
Температура на входе	°С	70	38
Температура на выходе	°С	45	60
Величина NTU*		2.8	

\*NTU - число единиц переноса теплоты. (Теплотехника В.Н. Луканин, М.Г. Шатров и др., Высшая школа, Москва. 1999 г.)

С двумя отдельными аппаратами ситуация проще. В этом случае, даже неправильно собрав весь пакет, не получится получить такого фатального снижения тепловой мощности, расходов и изменения гидравлического сопротивления, как в случае с моноблоком.

#### **В итоге:**

Подводя итоги, сведем все плюсы и минусы пластинчатого теплообменника с моноблочной компоновкой:

#### **Плюсы:**

- Меньшая начальная стоимость.
- Отдельно моноблок компактнее двух теплообменников.

#### **Минусы:**

- Более сложный монтаж и неудобство в обслуживании из-за патрубков на прижимной плите.
- Меньшая надежность.

- Менее эффективная работа.
- Требовательность при сборке пакета пластин.

### **3.1.4. Определение запаса теплообменной поверхности и продолжительности межпромывочного периода пластинчатого водонагревателя для ГВС**

Обеспечивая в несколько раз более высокий начальный коэффициент теплопередачи по сравнению с трубчатыми, пластинчатые водонагреватели, однако гораздо «чувствительнее» к влиянию отложений накипи, термическое сопротивление которой более резко уменьшает теплопередачу.

При высоком содержании накипеобразующих солей и продуктов коррозии в воде, характерном для большинства регионов РФ, расчетный режим работы ПВН быстро нарушается, уменьшение коэффициента теплопередачи компенсируется повышением температуры греющего теплоносителя или его расхода. На практике это не всегда возможно, поэтому в подавляющем большинстве случаев необходима промывка.

Для компенсации постепенного уменьшения коэффициента теплопередачи необходим запас поверхности теплообмена  $\Delta F$ .

Отечественная практика заказов ПВН по опросным листам заимствована из зарубежной без учета собственного опыта т.е. запас теплообменной поверхности или отсутствует или составляет 2-10% от расчетной чистой поверхности  $F_0$ .

Из опыта эксплуатации скоростных водонагревателей известно, что вследствие низкого качества противонакипной обработки водопроводной воды коэффициент теплопередачи уменьшается достаточно быстро. При среднем качестве воды в ЦТП г. Москвы за 4 месяца эксплуатации он уменьшился на 45-50%. Из этого следует, что при неизменных начальных температурах теплоносителей требуемая температура нагрева воды может быть обеспечена лишь при 100% - ном запасе по сравнению с расчетной величиной теплообменной поверхности<sup>1</sup>.

Недостаточная величина запаса  $\Delta F$  обусловит короткий межпромывочный период и необходимость частой промывки водонагревателя; завышенная величина  $\Delta F$  уменьшит количество промывок, но одновременно возрастут первоначальные затраты на ПВН.

Известно, что стоимость пластинчатых водонагревателей составляет основную

---

<sup>1</sup> Купленов Н.И., Мотовицкий С.В., Определение запаса теплообменной поверхности и продолжительности межпромывочного периода пластинчатого водонагревателя для ГВС, Журнал "Новости теплоснабжения" № 4, 2007 г.

долю затрат на оборудование теплового пункта, в то же время и затраты на химическую промывку, как показывает опыт, тоже значительны. Поэтому экономически оправдано определение поверхности теплообмена с учетом фактической интенсивности накипеобразования и необходимости ее регулярной промывки.

Основа методики такого определения заключается в обеспечении минимума годовых затрат на амортизацию запаса поверхности теплообмена  $\Delta F$  и затрат на регулярную промывку водонагревателя; это условие выполняется равенством затрат.

Интенсивность накипеобразования определяется качеством воды, температурным и гидравлическим режимами работы ПВН.

С повышением удельной стоимости промывки теплообменной поверхности экономически целесообразный межпромывочный период будет увеличиваться. С другой стороны, при высокой стоимости теплообменника, что имеет место при уменьшении площади единичной пластины, величина экономически целесообразного запаса теплообменной поверхности уменьшается. Отсюда следует, в частности, что для обеспечения требуемого температурного режима горячего водоснабжения даже при умеренной жесткости водопроводной воды и ежемесячной промывке запас теплообменной поверхности должен быть не менее 60% по сравнению с ее величиной при безнакипном режиме работы.

Заметим, что сопутствующее образованию накипи возрастание гидравлического сопротивления ПВН при экономически целесообразных продолжительностях межпромывочного периода несущественно, поскольку в среднем проходное сечение межпластинчатых каналов уменьшается на 4-8%.

### **3.1.5. Кожухотрубные подогреватели**

#### **3.1.5.1. НПО ЦКТИ разработаны малогабаритные разборные подогреватели типа ПВМР по ТУ 4933-007-05762252-98**

Их основными конструктивными особенностями являются: трубная система длиной 2 м, двухходовая по нагреваемой воде, которая может быть вынута из корпуса без съема его с опор и отсоединения патрубков греющей воды. Для очистки внутренней поверхности труб, заглушки и подвальцовки их концов, замены поврежденных труб выемки трубной системы не требуется.

Выполнение малой водяной камеры подвижной обеспечивает компенсацию температурных расширений трубной системы. Последовательное соединение подогревателей по теплообменивающимся потокам осуществляется непосредственно с помощью патрубков без применения «калачей».

Средний уровень коэффициентов теплопередачи в подогревателях ПВМР при номинальных условиях и чистых поверхностях нагрева - 3500-3600 ккал/(м<sup>2</sup>·ч·°С).

Повышенная тепловая мощность, меньшие габариты, разборность, возможность выполнения очистки и ремонтов непосредственно на объектах обуславливают превосходство подогревателей ПВМР над получающими широкое и зачастую необоснованное распространение пластинчатыми аппаратами, и дают основание применять подогреватели ПВМР в качестве базового варианта водо-водяных подогревателей для технического перевооружения систем теплоснабжения ЖКХ.

Всего на различных объектах промышленной и коммунальной энергетики установлено около 400 подогревателей рассмотренных типов.

В квартальных котельных предприятия *ОАО «Выборгтеплоэнерго»*, было установлено следующее оборудование: котельная «Маяковская 5» - подогреватель ПП1-54кп/15ок-10-11 (в 2005 г.) для подогрева воды на деаэрактор ГВС взамен паровых подогревателей старого типа (1974 г.); котельная «Микрорайон «А» - два подогревателя ПП1-54кп/15ок-10-11 (в 2002 и 2009 гг.) для подогрева сетевой воды взамен четырех подогревателей старого типа (1980 г.); котельная «Юго-восточная» - подогреватели ПП1-54кп/15ок-10-11 (в 2003 г.) и ПП1-75кп/15ок-16-11 (в 2007 г.) взамен пяти пластинчатых подогревателей из-за сложности автоматизации и ограниченного срока работы без промывки и чистки (один раз в три месяца).

Оценка надежности и эксплуатационных характеристик - положительная. Аппараты работают в автоматическом режиме, удаление конденсата осуществляется без использования бака для его сбора с применением конденсатных насосов с частотным регулированием.

В новой котельной п. Березово (*Тюменская область*) в 2000 г. были установлены 6 блоков ПВМР. Опыт эксплуатации в особых северных условиях подтвердил их надежность, компактность, удобство обслуживания и высокую тепловую эффективность.

### 3.1.5.2. Конструктивные особенности и опыт эксплуатации кожухотрубных ТА типа ВВПИ

В ЗАО «ЦЭЭВТ» был разработан ТА типа ВВПИ. В результате анализа известных решений по конструкции межтрубного пространства, было принято решение отказаться от интенсифицирующих теплоотдачу схем течения теплоносителя: поперечного омывания труб с помощью сегментных перегородок; закрутки потока в межтрубном пространстве с помощью системы особым образом выполненных поперечных перегородок или с помощью перегородки в межтрубном пространстве в виде закрученной ленты и др. Поэтому рассматриваемые ТА имеют простую так называемую реверсивную схему тока теплоносителей, в межтрубном пространстве нет поперечных перегородок, устанавливается только одна продольная перегородка. Кроме этого пересмотрены решения по толщинам стенок труб, корпусов, фланцев, трубных решеток, крышек без снижения их прочности. Накопленный к настоящему времени опыт эксплуатации ТА данного типа показал, что рассматриваемые аппараты в отличие от пластинчатых ТА мало чувствительны к резким скачкам температуры и давления. Их трубные пучки легко и без последствий выдерживают гидроудары, вибрацию, тряску.

Патрубки подвода и отвода сред располагаются в районе головки теплообменника (рисунок 2), что обеспечивает удобство обвязки подогревателей и уменьшение температурных деформаций.

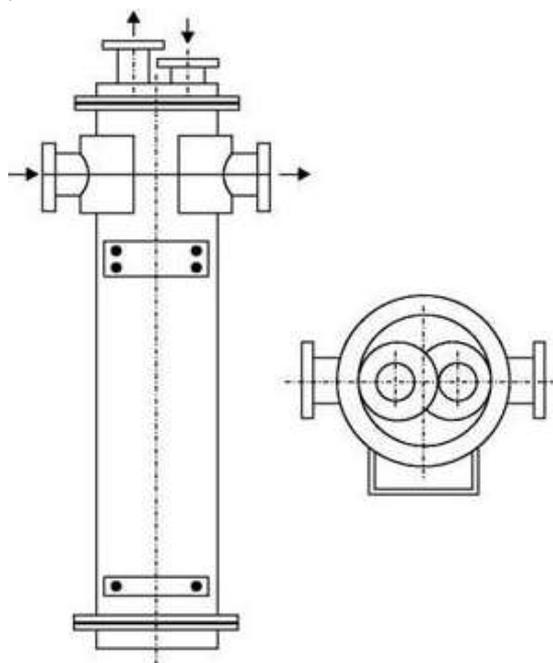


Рисунок 2 - Эскиз конструкции ТА

При номинальных значениях расходов ТА типа ВВПИ имеют умеренное гидравлическое сопротивление 20-50 кПа, что позволяет в случае необходимости получения больших тепловых потоков при малых температурных напорах соединять подогреватели в блоки параллельно или последовательно по обеим средам или комбинировать схемы их соединения в блоке.

Очистка полостей данных ТА может быть произведена любым известным способом: химическим (1,5% водным раствором азотной кислоты), кавитационно-ударным методом, стальными проволочными ежиками и т.п.

Преимущество пластинчатых ТА по высоким значениям  $k$ , однако, сводится на нет в случае загрязнения этих теплообменников. Как известно, пластинчатый ТА с расчетным коэффициентом теплопередачи (без загрязнения теплообменной поверхности)  $7000 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$  в случае нарастания на теплообменной поверхности слоя накипи толщиной 0,3 мм (для пластинчатых аппаратов рядовой случай) имеет коэффициент теплопередачи  $2545 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ , что в 2,75 раза меньше расчетного значения.

Более чем 13-летняя эксплуатация разработанных подогревателей в системах теплоснабжения показывает, что большая загрязняемость для данных аппаратов в силу эффекта самоочистки внутренней поверхности труб (наиболее загрязняемой сетевой водой), направленными в пограничный слой турбулентными вихрями, возникающими при обтекании плавноочерченных турбулизаторов определенной высоты, расположенных на оптимальном расстоянии друг от друга, и разрушающими отложения на той стадии, когда они представляют собой маловязкие структуры, нехарактерна.

Значения коэффициента теплопередачи с учетом загрязнений подогревателей типа ВВПИ при изменении расходов теплоносителей находятся в диапазоне от 1150 до 3300  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$  при температуре греющей среды (воды)  $110 \text{ }^\circ\text{C}$  и температуре нагреваемой среды (воды)  $70 \text{ }^\circ\text{C}$ . Например, в подогревателе ВВПИ-350 число труб составляет 97 шт., а значения  $k$  с учетом загрязнений составляют 1150-3200  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ . При этом максимальные значения  $k$  ограничены максимальными допускаемыми потерями давления 50 кПа (5 м вод. ст.); минимальные значения коэффициентов теплопередачи относятся к режимам работы ТА с малым теплосъемом.

Анализ параметров рассматриваемых аппаратов показывает, что они в загрязненном состоянии характеризуются коэффициентами теплопередачи, которые ничуть не хуже

коэффициентов теплопередачи загрязненных пластинчатых ТА.

**Пример 1.** Требуется осуществить 2-ступенчатый нагрев воды ГВС, при этом расход нагреваемой воды составляет 8,4 т/ч, температуры нагреваемой воды (последовательно по ступеням) - 5, 43 и 55 °С. По греющей среде были заданы следующие параметры: расход через 2-ю и 1-ю ступени соответственно 5,6 и 15,2 т/ч; температуры греющей среды на входе во 2-ю и 1-ю ступени соответственно 70 и 52 °С.

Для решения поставленной задачи был предложен пластинчатый теплообменник одной из западноевропейских фирм, имеющий габаритный объем, равный 0,19 м<sup>3</sup>. Проведенный расчет показал, что заданные условия обеспечат по второй ступени нагрева воды ГВС теплообменник ВВПИ с габаритным объемом 0,124 м<sup>3</sup>, а по первой ступени - двухкорпусной ВВПИ с габаритным объемом 0,416 м<sup>3</sup>. Суммарный объем ТА последнего типа составил 0,54 м<sup>3</sup>, что больше, чем объем пластинчатого ТА. Пластинчатый ТА имеет в заданных условиях лучшие габариты, чем существующие конструкции предлагаемого ТА.

Рассматриваемые ТА успешно работают в МУП ЖКХ г. Коврова, г. Павлово, р.п. Тумботино и др. Они без рекламаций эксплуатируются в коммунальном хозяйстве г. Н. Новгорода, городах и поселках Нижегородской, Владимирской, Тверской,

Томской, Пермской областей, Республик Марий Эл, Карелия и других регионов России.



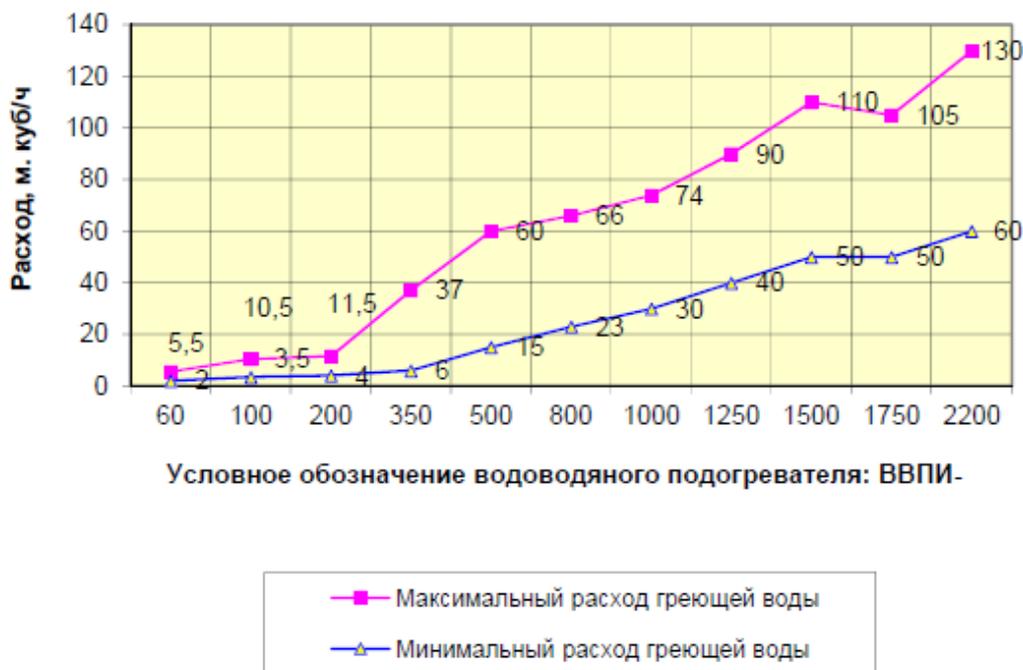
**Рисунок 3 - Трубчатый ТО с корпусом в виде параллелепипеда**

## Отзывы<sup>2</sup>

Луйкин Э.П., начальник Инженерного отдела ЗАО «ПИ «Карелпроект»: «Инженерный отдел института «Карелпроект» при проектировании объектов, начиная с 2004 г., там, где встречается и необходимо теплообменное оборудование (котельные, тепловые пункты (ЦТП, ИТП)) всегда закладывает в проекты установку водоводяных подогревателей серии ВВПИ. Нас полностью удовлетворяет качество и надежность данной продукции. От эксплуатационных организаций нареканий по данному виду продукции не поступало».

Пятов Б.Г., директор МУП «Теплосервис» Вязниковского района: «Водоводяные подогреватели типа ВВПИ применяем 2 года. Основными преимуществами водоподогревателей являются их габаритные размеры, позволяющие произвести установку в помещениях малой площади. Нас полностью удовлетворяет работа и качество оборудования. Надежная и качественная работа водоводяных подогревателей позволяет рекомендовать их использование другим потенциальным заказчикам».

**Рекомендуемые расходы греющей воды для водоводяных подогревателей ЦЭЭВТа**



**Рисунок 4 - Рекомендуемый расход греющей воды**

<sup>2</sup> Исаев С.Е., Сорокин Ог., Бажан П.И., Назин А.Н., Чернов А.Ф. «Теплообменные аппараты для коммунального хозяйства», Журнал "Новости теплоснабжения" №4 (80), 2007

### Рекомендуемые расходы нагреваемой воды для водоводяных подогревателей ЦЭЭВТа

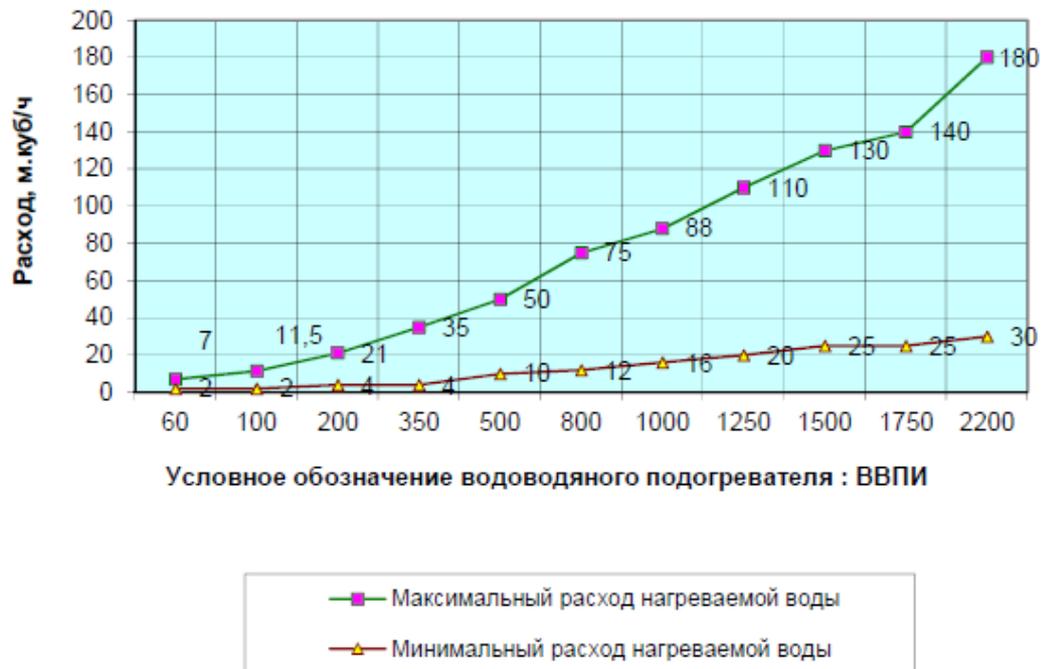


Рисунок 5 - Рекомендуемый расход греющей воды

### Диапазон тепловых потоков, передаваемых водоводяными подогревателями ЦЭЭВТа

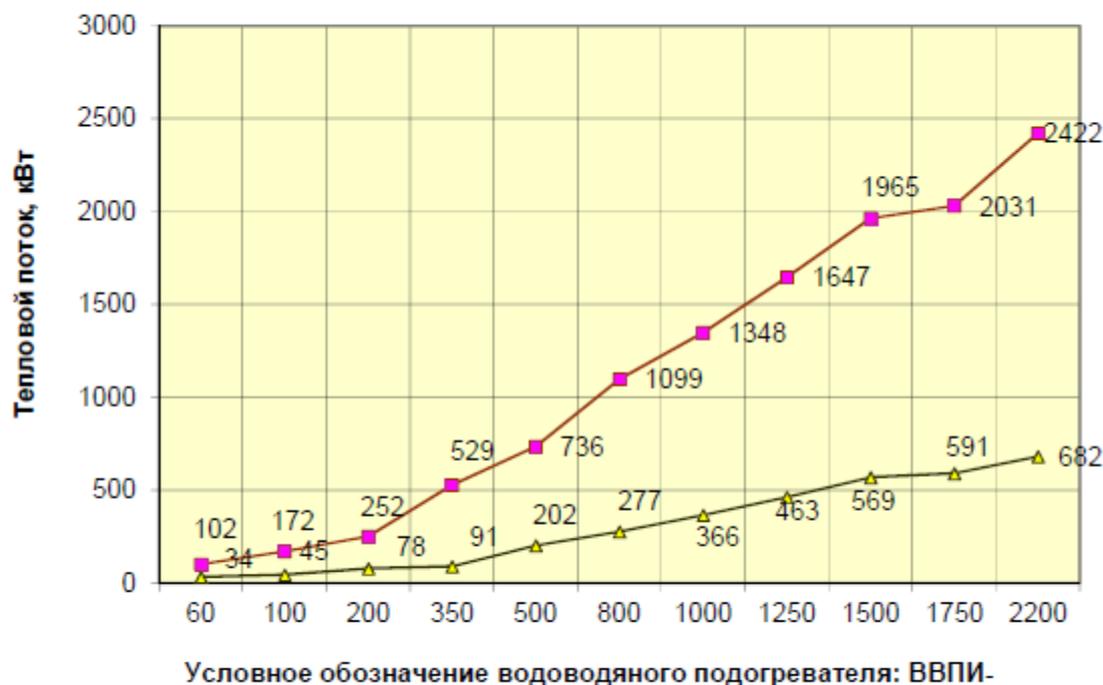


Рисунок 6 - Диапазон тепловых потоков

Все графики получены расчетом при температуре греющей воды 110°C и температуре нагреваемой воды 70°C, при этом максимальные рекомендуемые значения расходов ограничены максимальными допускаемыми потерями давления 50 кПа (5 м. вод. ст.), а минимальные — значениями коэффициентов теплоотдачи около 3000 Вт/(м<sup>2</sup> К).

Ниже приведен реальный опыт эксплуатации водоводяных теплообменных аппаратов теплоснабжающей организацией МУП «Теплосервис» Вязниковского района Нижегородской области<sup>3</sup>.

#### Проблемы эксплуатации традиционно используемых теплообменных аппаратов

Вязники - небольшой районный центр, расположенный в 120 км от Нижнего

<sup>3</sup> С.В. Кузовков, П.И. Бажан, «Опыт эксплуатации водоводяных кожухотрубных теплообменных аппаратов нового типа», журнал "Новости теплоснабжения" № 11 (99), 2008

Новгорода, с населением 45 тыс. жителей. Нужды города и всех промышленных объектов в отоплении и горячем водоснабжении обеспечивают 15 котельных, которые находятся на балансе МУП «Теплосервис». Система теплоснабжения города закрытая. Присоединение систем теплопотребления осуществляется по независимой схеме. Котельные работают по температурному графику 95/70 °С.

Большая часть котельных оснащена либо кожухотрубными теплообменниками с латунными трубками, либо импортными разборными пластинчатыми теплообменниками. И те, и другие доставляют немало хлопот специалистам МУП «Теплосервис». Они часто выходят из строя, первые приходится промывать перед каждым отопительным сезоном в течение трех суток целой бригадой, а вторые требуют к себе особо «нежного» отношения - перед каждым отопительным сезоном надо проводить их тщательную разборку, механическую очистку пластин специальным инструментом и последующую сборку, причем часто с заменой резиновых уплотняющих элементов. Как правило, на эту операцию бригада специалистов тратит две недели, а иногда и больше. Процесс не только трудоемкий, но и достаточно затратный, к тому же, если заменить разборку, механическую очистку пластин и сборку аппарата его химической промывкой, то для этого нужны дорогие промывочные растворы и специальные устройства, при этом полная очистка поверхностей не гарантируется вследствие низкого качества сетевой воды в котельных. Если же в течение отопительного сезона не проводить очистку пластин разборных пластинчатых теплообменников, то на их теплообменной поверхности нарастает слой накипи, снижающий коэффициент теплопередачи в 2-3 раза. Такая же картина, по отзывам специалистов, наблюдается и в соседних районах области (на ряде объектов в городах и поселках Российской Федерации разборку и чистку пластинчатых аппаратов приходится осуществлять через каждые 12-14 ч работы).

### **О переходе к новым кожухотрубным теплообменным аппаратам и опыте их эксплуатации**

В 2006 г. МУП «Теплосервис» Вязниковского района решило установить новые водо-водяные подогреватели в ряде своих котельных. Чтобы не ошибиться и выбрать нужные аппараты, его руководство объехало районы области, в которых теплообменники типа ВВПИ уже работали. Вязниках, как и в других районных центрах, лишних денег в бюджете нет, поэтому, ориентируясь на отечественную конкурентоспособную продукцию,

специалисты остановились именно на этих изделиях.

В результате МУП «Теплосервис» Вязниковского района приобрело четыре водоводяных подогревателя (рисунок 7). Теплообменные аппараты были установлены в системах ГВС и теплоснабжения. Сегодня они успешно работают в районном хозяйстве.



**Рисунок 7 - Теплообменники ВВПИ в котельной МУП "Теплосервис"**

За время эксплуатации теплообменных аппаратов выявлен ряд их характерных особенностей:

1. Установленные теплообменники занимают в два раза меньше места, чем прежние кожухотрубные, что для малогабаритных районных котельных весьма существенно;
2. За все отопительные сезоны подогреватели ни разу не вышли из строя;
3. Снизились эксплуатационные затраты новых теплообменников по сравнению с пластинчатыми, например в части расходных материалов (прежде на старых пластинчатых теплообменниках приходилось периодически менять очень дорогие прокладки, которые обычно закупались у дилеров; сейчас такую прокладку для нового типа теплообменников может сделать любой слесарь и стоит она очень дешево);
4. Рабочие элементы теплообменников изготавливаются не из латуни, а из нержавеющей стали, которая практически не корродирует в сетевой и котельной воде, что

очень важно для работы котельных;

5. Теплообменники имеют очень простую конструкцию, в межтрубном пространстве у них расположена только одна продольная перегородка. Благодаря проектным решениям, они мало чувствительны к резким скачкам температуры и давления, что значительно снижает вероятность выхода их из строя при возникновении нештатных ситуаций.

Есть еще одна интересная инженерная находка - на внешней поверхности труб накатаны плавно очерченные кольцевые канавки. Это позволяет, во-первых, снизить загрязнение трубного пространства аппарата, во-вторых, в два раза увеличить теплоотдачу в трубах.

За время эксплуатации данных теплообменников предприятие не сталкивалось с какими-либо проблемами. В связи с этим в 2008 г. МУП «Теплосервис» Вязниковского района установило еще два теплообменника. В планах муниципального предприятия оснащение такими аппаратами и остальных районных котельных.

### **3.1.5.3. Вертикальные кожухотрубные теплообменные аппараты типа JAD, применяемые в г. Обнинске**

В г. Обнинске имеется положительный опыт использования польских кожухотрубных подогревателей типа JAD, поставщик ООО «Немен» <https://www.nemen.ru/index/our-product/catalog/teploobmennik/>.

Теплообменники типа JAD являются кожухотрубными теплообменниками с уникальной конструкцией, состоящей из кожуха и расположенного внутри змеевика. Конструкция аппаратов представляет собой вертикальный аппарат с противоточным током греющей среды в патрубках (химочищенная сетевая вода), а обогреваемой – в межтрубном пространстве, где создается турбулентный поток, повышающий теплопередачу и способствующий самоочистке поверхностей (разность температурных расширений металла трубок и накипи. Присоединительные патрубки расположены в верхнем и нижнем днище корпуса под острым углом к оси теплообменника, что позволяет исключить скопления шлама в связи с отсутствием застойных зон.

Компактные размеры теплообменников по отношению к площади теплообмена, а также следующая из этого высокая эффективность по сравнению со стандартными решениями, оценены по достоинству многими монтажными и эксплуатирующими организациями. Следует отметить, ключевое преимущество, выявленное при более чем 10-

летней эксплуатации аппаратов - небольшие эксплуатационные затраты, обусловленные устойчивостью к загрязнению за счет эффекта самоочищения вследствие витой U-образной конструкции расположения патрубков и профилированных трубок.

При обследовании существующих потребителей был проведен осмотр ИТП с закрытой схемой теплоснабжения на базе кожухотрубных теплообменников JAD.

На рисунке 8 представлен внешний вид теплообменных аппаратов в жилом доме по ул. Ленина, 205 с X-образными патрубками. Схема присоединения потребителей к системе теплоснабжения – независимая (закрытая) по отоплению и закрытая по ГВС.

Технологическая схема ИТП представлена на рисунке 9.

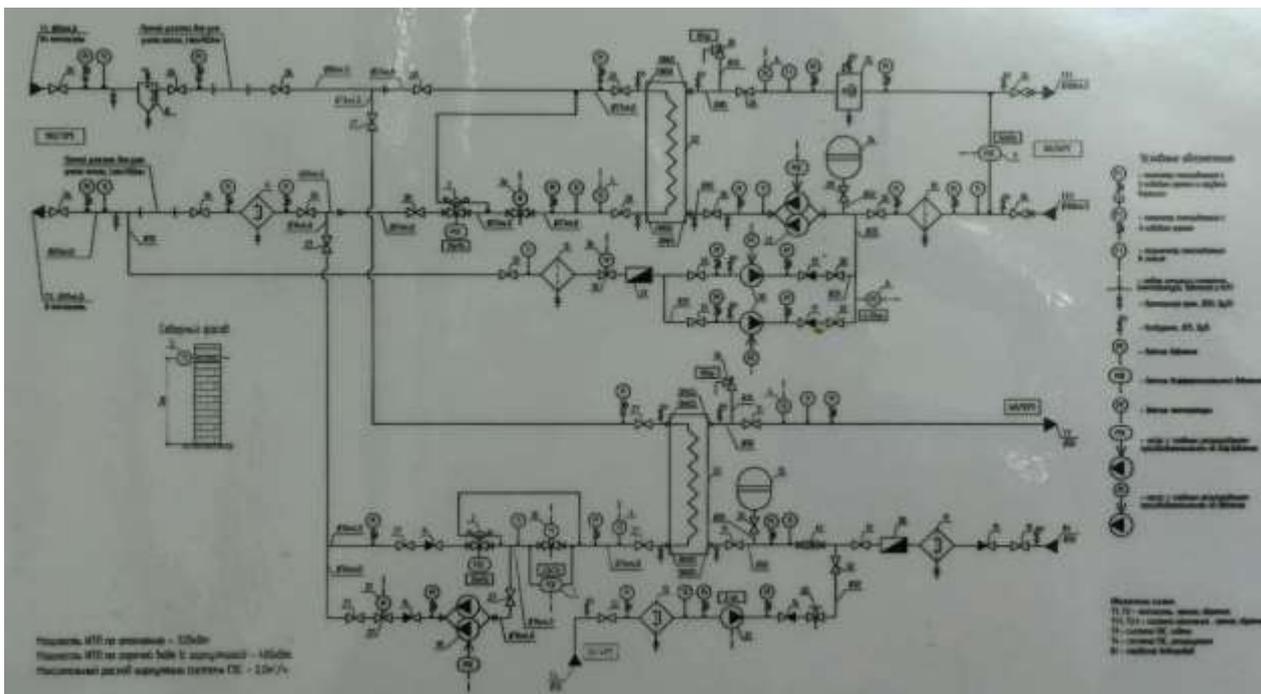
Учитывая положительный опыт эксплуатации ИТП (согласно опросу специалистов УК и МП «Теплоснабжение», теплообменники не промывались ни разу), данная схема может быть предложена в качестве рациональной замены ставшей уже традиционной закрытой схеме ГВС на базе пластинчатых теплообменных аппаратов.

Вертикальное расположение позволяет полезно использовать пространство внутри помещения, располагая наибольшую часть оборудования вдоль стен.

Следует также отметить и положительный опыт внедрения независимой схемы отопления на базе кожухотрубных теплообменников. Во-первых, использование независимой схемы положительно влияет на режимы работы тепловой сети, во-вторых, улучшается качество теплоснабжения потребителей. В рассмотренном ИТП имеются устройства регулирования отпуска тепловой энергии по каждому стояку, в квартирах предусмотрены индивидуальные устройства регулирования теплоснабжения (на радиаторах отопления). Проблематикой внедрения рассмотренной схемы может служить ограничения по высоте в существующих домах, построенных до 2000 г.



**Рисунок 8 - Элементы схемы ИТП на базе кожухотрубных теплообменных аппаратов**



**Рисунок 9 - Технологическая схема ИТП**

### **3.1.6. Теплообменные аппараты типа ТТАИ и специфические особенности индивидуальных тепловых пунктов созданных на их основе**

Предприятием «Теплообмен» в 1990 г. был разработан кожухотрубный теплообменник, не только не уступающий, но и зачастую превосходящий по комплексу потребительских свойств, современные, в т.ч. импортные, пластинчатые аппараты. Эти аппараты, получившие название ТТАИ (аббревиатура слов «тонкостенный теплообменный аппарат интенсифицированный») достаточно успешно конкурируют с современными пластинчатыми теплообменниками.

В настоящее время известны способы применения данных аппаратов в г. Обнинске. Учитывая проблемы и дорогостоящую эксплуатацию пластинчатых теплообменных аппаратов, было принято решение о переходе на теплообменные аппараты ТТАИ.

Кожухотрубные аппараты типа ТТАИ могут не только достойно конкурировать по показателям с современными пластинчатыми теплообменниками, но и в ряде случаев по комплексу своих потребительских свойств превосходить их. В частности, на сопоставимые условия аппараты типа ТТАИ примерно в 10 раз легче современных разборных пластинчатых теплообменников и имеют во много раз меньше габаритный

объем. По этим характеристикам они близки к неразборным пластинчатым аппаратам, но разборные и имеют меньшее гидравлическое сопротивление. Т.е. эти аппараты, оставаясь по своей сути кожухотрубными и сохраняя их преимущества, приобретают ряд новых свойств. В частности, исключительно малые массо-габаритные характеристики, индивидуальный, почти бесступенчатый, подбор, эффект самоочистки, реализуемый в процессе эксплуатации по прямому назначению, повышенное удобство при обслуживании, проявляющееся в доступности для осмотра и очистки не только трубного, но и межтрубного пространства. Рассматриваемые аппараты приобрели еще одно преимущество, которое не имели ни ранее применявшиеся кожухотрубные, ни современные пластинчатые аппараты - они не занимают места в плане, а как бы распределены по ограждающим конструкциям и в итоге зачастую как разновидность оборудования визуально вообще исчезают из технологического помещения - просто в пучке трубопроводов появляется еще одна труба несколько большего диаметра.

Благодаря этой особенности аппаратов ТТАИ была предложена принципиально новая идеология создания ИТП, при которой теплообменные аппараты не входят непосредственно в состав блок-модуля, т.е. все необходимые элементы ИТП, кроме теплообменников, komponуются на одной раме в блок-модуль, а теплообменные аппараты (один или несколько) устанавливаются отдельно (например, монтируются на стене). Такая идеология изначально всегда вызывает критику специалистов, сводящуюся в основном к тому, что теряются сразу два преимущества предварительно собранных и поставляемых в состоянии заводской готовности ИТП - компактность и минимальный объем монтажных работ на месте установки. Однако эти соображения справедливы, только если в качестве теплообменных аппаратов использовать любые из ныне применяемых теплообменников, кроме аппаратов типа ТТАИ. Действительно, вынесение из блок-модуля теплообменного аппарата, даже современного пластинчатого, в том числе и неразборного типа, неминуемо ведет к увеличению площади, которую необходимо отвести под теплопункт, т.к. размеры блок-модуля уменьшатся при вынесении из его состава теплообменника на существенно меньшую величину, чем займет сам отдельно расположенный аппарат. Таким образом, решение о вынесении теплообменника представляется заведомо проигрышным. Но ситуация радикально меняется, если в ИТП в качестве теплообменников используются аппараты типа ТТАИ. Здесь на первый план выходят их массогабаритные особенности - псевдооднородность и исключительно малый вес. Как неоднократно отмечалось, их

незначительные массо-габаритные характеристики, конструктивное исполнение корпуса в виде трубы и отсутствие каких-либо требований к способам крепления (применяются, в частности, обычные способы крепления трубопроводов) приводит к тому, что аппараты типа ТТАИ воспринимаются как элементы трубопровода. В итоге эти теплообменники, как самостоятельный элемент оборудования как бы исчезают из помещения, т.е. в таких случаях будет правомерным утверждение о том, что теплообменники очень компактны, т.к. занимают мало места. Они, в случаях такого их размещения, не занимают места вообще.

Эта особенность аппаратов ТТАИ в первую очередь и была принята во внимание при разработке новой идеологии создания ИТП. В итоге теплопункт, в блок-модуль которого не включены теплообменники, становится значительно компактнее, т.е. может зачастую размещаться в тех помещениях, в которых не мог быть установлен ни один другой ИТП с идентичными тактико-техническими характеристиками. А теплообменный аппарат может располагаться где-то рядом, вообще не требуя для себя никакого отдельного места. Например, на стене в пучке трубопроводов, или быть установленным вертикально в углу, или расположен под потолком, над входной дверью и т.д. Аппарат может быть вынесен в соседнее помещение и размещен там на стене, если там проходят другие трубы инженерного обеспечения помещения. Предлагаемый ИТП обладает еще рядом некоторых особенностей, сообщающих ему дополнительные преимущества. В частности, в нем схемно предусмотрена возможность промывки теплообменников обратным током, предусмотрены патрубки и необходимая запорная арматура для проведения безразборной химической отмывки, специальное схемное решение обеспечивает снижение вероятности образования накипи на теплопередающих стенках теплообменников при любых режимах работы теплопункта, предусмотрена защита от работы насосов «всухую».

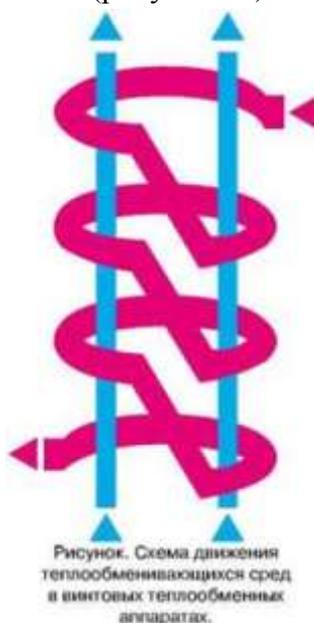
Положительной особенностью аппаратов типа ТТАИ является также то, что оснастка и технология их изготовления позволяют выпускать не дискретный, а практически непрерывный типоразмерный ряд, а созданная математическая модель, адаптированная в ходе натурных полномасштабных экспериментов к особенностям этих аппаратов, обеспечивает подбор из этого ряда для каждого конкретного случая своего, наиболее полного удовлетворяющего всем требованиям и даже пожеланиям заказчика, типоразмера. Причем пожелания могут быть самыми разными, как то: максимально

использовать для размещения аппаратов плоскость стены сложного профиля, учесть высоту помещения или ширину дверей и пр. Необходимо подчеркнуть, что такой индивидуальный подход к подбору и изготовлению аппаратов никак не отражается на сроках и цене изготовления.

К недостаткам данных аппаратов следует отнести опыт эксплуатации в условиях города Обнинска (как отмечалось ранее, эксплуатацию ИТП на базе рассматриваемых аппаратов осуществляет ЗАО «Быт-Сервис»). Несмотря на заявления производителя оборудования об эффекте самоочистки, а также положительном опыте применения аппаратов в других городах, требуется ежегодная промывка оборудования, что является достаточно затратным мероприятием.

### 3.1.7. Винтовые подогреватели

Внешне винтовые подогреватели не отличаются от обычных кожухотрубных - имеются кожух, крышка и трубчатка, а дальше начинаются различия: поверхность теплопередачи, выполненная из нержавеющей трубок диаметром 16-38 мм, в 2-4 раза меньше, чем у традиционных аппаратов одной теплопроизводительности (а значит и габариты), что достигается установкой системы перегородок, обеспечивающей винтовое движение греющей среды в межтрубном и пульсационно-вихревое нагреваемой среды в трубном пространствах подогревателей (рисунок 10).



**Рисунок 10 - Схема движения теплоносителей**

Данная гидродинамическая схема аппарата позволяет не только достигать

заданного уровня интенсивности теплообмена, но и сохраняет его довольно продолжительный срок даже при работе на воде низкого качества, создавая условия, когда адгезионные силы, действующие на частицы потенциальной накипи, оказываются меньше гидродинамических сил потока среды, срывающих эти частицы с теплообменной поверхности.

Необходимо отметить, что применение высокоинтенсивных, например, пластинчатых пароводоподогревателей требует определенной культуры производства, а именно, системы водоподготовки, после которой концентрация железа, солей кальция, магния и др. в подогреваемой воде не превышает определенных значений, порой находящихся ниже допустимых по СанПиН, в противном случае, слой накипи на теплообменной поверхности высокоинтенсивного аппарата резко снижает теплосъем, причем достаточно быстро.

В то же время, такой же слой накипи на теплообменной поверхности низкоинтенсивных подогревателей значительно меньше сказывается на теплосъеме аппарата в целом. Таким образом, просматривается так называемая задача на «оптимум», когда с одной стороны принимается допустимо высокий коэффициент теплопередачи, а с другой - организуется гидродинамический режим сред теплообмена, обеспечивающий минимальные отложения накипи на теплообменной поверхности в течение значимого по продолжительности срока эксплуатации (отопительный сезон, год и т.д.).

Винтовые подогреватели проектируются по этому принципу - уровень проектного коэффициента теплопередачи 4000-5000 Вт/м<sup>2</sup>·К, запас поверхности 15-20%, регламентный теплосъем без чистки трубчатки гарантируется в течение 1-2 лет для воды любого качества. Указанные достоинства винтовых аппаратов позволяют использовать их для подогрева воды с различным содержанием включений [1]. Для подтверждения вышесказанного приведем несколько примеров эксплуатации ПВВВ и ППВВ.

Более трех лет в г. Советский ХМАО работают ПВВВ взамен пластинчатых теплообменников для подогрева воды сушильных комплексов глубокой переработки древесины. В связи с низким качеством подогреваемой воды, в которой содержание железа составляет 3,0-49 мг/дм<sup>3</sup> (что превышает нормы СанПиН 2.1.4.107401 более чем в 100 раз), применение пластинчатых теплообменников без глубокой предварительной очистки воды, связанной со значительным увеличением капитальных и эксплуатационных

затрат, не представляется возможным.<sup>4</sup>

В процессе промышленной эксплуатации установлено, что винтовые подогреватели (ПВВВ) обеспечили требуемый температурный режим при тепловой нагрузке до 4 МВт, расходе нагреваемой и нагревающей воды до 250 м<sup>3</sup>/ч, температуре нагреваемой воды 70-95 °С и нагревающей воды 110-90 °С. Интенсивность теплообмена - коэффициент теплопередачи на максимальных расходах в течение всего срока эксплуатации составляет 4000 Вт/м<sup>2</sup>·К.

Многолетний опыт внедрения подогревателей с винтовым движением воды в межтрубном пространстве (ППВВ и ПВВВ) в системах ГВС и отопления показал, что можно рассчитывать и прогнозировать скорость отложения окислов железа и солей жесткости из водных потоков на теплообменных поверхностях и создавать условия пульсационно-вихревого движения водных потоков, при которых отложения за время многолетней эксплуатации отсутствуют или минимальны, что позволяет эксплуатировать теплообменное оборудование без постоянных остановок с разборкой и демонтажем аппаратов на чистку и ремонт.

### 3.1.8. Сравнение пластинчатых и кожухотрубных теплообменных аппаратов

Ниже представлено объективное сравнение двух наиболее известных типов теплообменных аппаратов - пластинчатых и кожухотрубных.

Сравнение будем проводить по следующим параметрам: небольшой вес, небольшой габаритный объем, тонкостенность теплопередающих пластин и высокий коэффициент теплопередачи, легкость технического обслуживания.

**Небольшой вес.** Тезис о незначительном весе пластинчатых теплообменников сформировался в начале 90-х годов прошлого столетия, когда западноевропейские фирмы, придя на рынок стран СНГ, в массовом порядке столкнулись с кожухотрубными аппаратами, использовавшимися в коммунальном хозяйстве Советского Союза и разработанными более полувека тому назад. Грешно было не использовать такой козырь. Но продолжать эксплуатировать эту легенду в настоящее время представляется просто непорядочным (ведь нельзя всерьез предположить, что абсолютно все представители фирм-поставщиков пластинчатых теплообменников совершенно не следят за событиями,

---

<sup>4</sup> Одинцов С.Ю., Болитэр В.А., «Особенности выбора и эксплуатации пароводоподогревателей», журнал "Новости теплоснабжения" №8 (84), 2007

происходящими на соответствующем сегменте научно-технического рынка). А в настоящее время на рынке есть кожухотрубные теплообменники фирмы САТЭКС, сравнение с которыми по весу уже не дает столь ошеломляющих преимуществ пластинчатым аппаратам, есть также теплообменники, разработанные ЦКТИ, по сравнению с которыми выигрыш по массе у пластинчатых аппаратов становится еще более скромным, есть достаточно компактные аппараты JAF и, наконец, есть аппараты ТТАИ предприятия «Теплообмен», сравнивать с которыми пластинчатые аппараты по массе никогда не возьмется ни один представитель фирм-поставщиков пластинчатых теплообменников, т.к. вес пластинчатых аппаратов будет выглядеть просто пугающе большим.

Для примера приведем конкретные данные по одному из объектов, для комплектации которого были даны предложения по западноевропейским пластинчатым теплообменникам и аппаратам ТТАИ предприятия «Теплообмен».

Для нагрева воды в бассейне требовался теплообменник. Заказчик, выбирая наиболее устраивающий его вариант, выдал исходные данные различным поставщикам (в обоих случаях предусматривалось титановое исполнение): требуется нагревать морскую воду с расходом 9,4 т/ч от 4 °С до 27 °С пресной водой с расходом 10,8 т/ч и температурой на входе в теплообменник 70 °С. Предложенный для решения этой задачи пластинчатый теплообменник имел сухой вес, равный 120 кг, а теплообменник ТТАИ имел вес, равный 5 кг. Комментарии, наверное, излишни.

Таким образом, становится очевидным, что малый вес пластинчатых аппаратов по сравнению с кожухотрубными не более, чем легенда.

**Небольшой габаритный объем.** Рекламируя преимущества пластинчатых теплообменников, почти всегда подчеркивают такое их достоинство, как небольшой габаритный объем, что позволяет радикальным образом экономить площади, необходимые для размещения теплообменного оборудования и высвободить их для использования по другому назначению. Для крупных городов, где каждый квадратный метр офисной или торговой площади в центре города стоит немалых денег, это действительно важное качество. Но всегда ли «пластинчатый» обеспечивает преимущество по этому показателю по сравнению «кожухотрубным»? Или честнее было бы писать «современный пластинчатый по сравнению с устаревшим, без малого вековой давности разработки, кожухотрубным». Представляется, что последняя формулировка

была бы намного точнее.

Как показано в разделе 2.1.5.3 теплообменники JAD могут занимать гораздо меньшую площадь по сравнению с пластинчатыми аппаратами, учитывая вертикальное исполнение у стены помещения. Минимальная занимаемая площадь делает возможным установку аппаратов практически в любом помещении техподполья существующих потребителей. Проблематика заключается в наличии ограничений по высоте помещений.

В случае недостаточности пространства по высоте всегда будет иметься возможность установки аппарата ТТАИ. Рассмотрим конкретный пример. Требуется осуществить 2-х ступенчатый нагрев воды горячего водоснабжения, при этом расход нагреваемой воды 8,4 т/ч, температуры нагреваемой воды (последовательно по ступеням) - 5 °С, 43 °С и 55 °С. По греющей среде были заданы следующие параметры: расход через 2-ю и 1-ю ступени соответственно 5,6 т/ч и 15,2 т/ч, температуры греющей среды на входе во 2-ю и 1-ю ступени соответственно - 70 °С и 52 °С.

Для решения стоящей задачи был предложен пластинчатый теплообменник одной из западноевропейских фирм, имеющий габаритный объем, равный 0,19 м<sup>3</sup>. Решение этой же задачи (при тех же потерях напора) с помощью теплообменников ТТАИ потребовало применения для 1-й ступени аппарата с габаритным объемом 0,03 м<sup>3</sup>, а для 2-й - 0,007 м<sup>3</sup>. Как видно, суммарный габаритный объем двух аппаратов ТТАИ в 5,1 раза меньше габаритного объема одного пластинчатого аппарата.

В тех случаях, где не требуется 2-х ступенчатого нагрева, выигрыш по габаритному объему в случае применения кожухотрубных теплообменников ТТАИ достигает 10 и более раз. И при этом надо еще учесть, что аппараты типа ТТАИ зачастую удобнее komponуются в помещении, что также создает выигрыш по производственным площадям.

Совсем недавно удалось выделить дополнительно 63 м<sup>2</sup> торговых площадей в одном из крупнейших торговых центров Киева только благодаря переходу к теплообменникам ТТАИ от предварительно предполагавшихся к установке пластинчатых аппаратов.

Исключительно малый габаритный объем аппаратов ТТАИ, т.е. их псевдоодномерность, открывает неожиданные возможности по радикальной экономии производственных площадей при создании ИТП. Использование аппаратов ТТАИ позволило применить принципиально новую идеологию создания ИТП, т.н. «планшетные» ИТП.

Такие ИТП вообще не занимают места в плане, а распределены по ограждающим конструкциям (см. рисунок 11).



**Рисунок 11 - Расположение ИТП**

Приведенные цифровые и визуальные данные подтверждают, что небольшой габаритный объем пластинчатых аппаратов тоже относится к области пусть красивых, но все же легенд.

**Тонкостенность теплопередающих поверхностей и высокий коэффициент теплопередачи.** Описывая положительные потребительские свойства пластинчатых аппаратов, практически всегда отмечают их более высокий коэффициент теплопередачи, обосновывая это развитой турбулизацией потока и тонкостенностью теплопередающих пластин.

Сопоставительный анализ этого показателя для современных пластинчатых аппаратов и современных же кожухотрубных аппаратов, выпускаемых различными производителями, уже не дает основания излишне оптимистично оценивать соответствующие значения для пластинчатых аппаратов. Они, как правило, у пластинчатых аппаратов больше, но не настолько, чтобы придавать этому столь большое звучание. Но если же провести сравнение этого показателя пластинчатых теплообменников с теплообменниками JAD и ТТАИ, то ситуация и вовсе меняется на противоположную - коэффициенты теплопередачи пластинчатых аппаратов оказываются заметно меньше соответствующих величин указанных кожухотрубных аппаратов. Для наполнения этого утверждения конкретикой, приведем в качестве примера коэффициенты теплопередачи, характеризующие теплообменные аппараты для первого описанного в данной статье случая - с подогревом морской воды. Предложенный пластинчатый теплообменник имел значение  $5854 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ , а аппарат ТТАИ имел значение  $8397$

Вт/(м<sup>2</sup>·°С). Превышение почти в 1,5 раза у аппаратов ТТАИ не оставляет оснований утверждать о более высоких коэффициентах теплопередачи пластинчатых теплообменников.

Что касается рассуждений о высокой степени турбулизации и малой толщине пластин, то это совсем уж очевидно искусственный прием набора положительных качеств. Во-первых, это еще более узкоспециальные вопросы, чем даже коэффициент теплопередачи, и поэтому никак не должны выходить на уровень потребителя. Во-вторых, специалистам известно, что на сегодня методы турбулизации для труб разработаны не хуже, а даже лучше чем для пластин. Например, витые U-образные трубки в теплообменниках JAD. Поэтому, в современных кожухотрубных теплообменниках осуществляется оптимальная турбулизация потока, не уступающая турбулизации в современных пластинчатых аппаратах.

Говорить же об исключительно малой толщине пластин (к слову сказать, почти не влияющей в абсолютном большинстве случаев на коэффициент теплопередачи), достигающей 0,5 мм и даже, в пределе, 0,4 мм, тут же упоминая о достаточно высоких давлениях рабочих сред (на уровне 1,6 МПа), представляется даже не достаточно профессиональным. Ведь известно, что цилиндрическая оболочка лучше противостоит избыточным давлениям, чем плоская стенка. И действительно, аппараты JAD и ТТАИ уже более 10-ти лет выпускаются с трубками, имеющими толщину стенки 0,3 мм. Очевидно, что это меньше, чем 0,5 мм и даже чем 0,4 мм.

Таким образом, становится ясно, что мнение о высоком коэффициенте теплопередачи пластинчатых теплообменников и об исключительно малых толщинах пластин вероятнее всего осознанно формировалось, как научно-техническая легенда.

**Легкость технического обслуживания.** В качестве одного из существенных преимуществ пластинчатых теплообменников выделяется такое его свойство, как легкость технического обслуживания. Это действительно важный показатель назначения теплообменников, т.к. не существует техники, которую не требовалось бы обслуживать, а обслуживание на месте эксплуатации, в условиях «подвала», всегда создает дополнительные сложности. Поэтому возможность разобрать пластинчатый теплообменник и доставить пластины, например, в мастерскую, чтобы их там очистить или заменить, дает этим аппаратам преимущество по сравнению с кожухотрубными, но опять же необходимо подчеркнуть, более полувековой давности, аппаратами. Если не

лукавить и осуществлять сравнение с современными кожухотрубными теплообменниками (которые являются разборными вплоть до извлечения трубного пучка из корпуса), то это преимущество пластинчатых аппаратов также из разряда легенд. Дело в том, что при разборке и сборке пластинчатых теплообменников, что приходится выполнять на месте их эксплуатации, зачастую (а применительно к варианту использования клеевых уплотнительных прокладок - всегда) страдают многочисленные резиновые уплотнительные прокладки, имеющие сложную форму, и их требуется заменять. Однако стоимость комплекта таких прокладок сопоставима с ценой нового теплообменника (составляет порядка 20-30% полной стоимости нового пластинчатого теплообменника). В то же время в кожухотрубных теплообменниках резиновые прокладки имеют исключительно простую кольцевую формы, их всего две штуки, да и менять их (если в этом возникнет необходимость) придется не на месте эксплуатации, а в приспособленном для техобслуживания помещении. Обеспечивается это легкостью кожухотрубных аппаратов в среднем в 10 раз по сравнению с пластинчатыми. Поэтому всегда, когда возникает необходимость выполнить техобслуживание аппарата, имеется легко реализуемая возможность кожухотрубный аппарат целиком, не разбирая на месте, доставить в специально приспособленное для этого помещение (мастерскую, ремонтный участок и пр.). В соответствующих условиях осуществить необходимые работы и вернуть аппарат на место. Особенно данное преимущество отличает теплообменник ТТАИ, самый тяжелый теплообменник используемый уже не в ИТП, а в крупных ЦТП, весит порядка 60 кг. Очевидно, что такой теплообменник легко демонтирует и доставит к месту обслуживания бригада из 3-х и даже 2-х человек. Чего уж никак не скажешь про пластинчатый теплообменник весом более полутонны. Значит, его придется все же разбирать, а главное, потом собирать на месте. Это удастся успешно сделать далеко не всегда даже специалистам, а штатному персоналу тепловых сетей тем более.

### **Выводы**

Вышеперечисленные и ряд не названных, менее популярных легенд, активно пропагандируемых в течение последнего десятилетия, создали миф о выдающихся свойствах зарубежных пластинчатых теплообменников, породивший, с одной стороны, мнение о необходимости применения только таких аппаратов, а с другой стороны, вызвавший к жизни бум по организации сборочных или даже почти полномасштабных

производств таких аппаратов. На самом же деле это действительно высокоэффективные и высококачественные теплообменные аппараты, но они не являются панацеей. В ряде случаев их применение оправдано и на сегодня является наиболее оптимальным. Но в большинстве случаев им есть достойная альтернатива и даже больше, зачастую современные кожухотрубные аппараты, превосходят современные пластинчатые теплообменники по всему комплексу потребительских свойств (положительный опыт перехода от пластинчатых к кожухотрубным аппаратам имеется в г. Обнинске). Положительный опыт эксплуатации кожухотрубных аппаратов позволяет с уверенностью сказать, что утверждение о безальтернативности пластинчатых аппаратов (такие пассажи доводилось встречать в научно-технической периодике) не более чем миф.

**Преимущества с точки зрения эксплуатации.** Принятая в г. Казани программа ликвидации ЦТП с целью повышения качества теплоснабжения предполагает перевод более чем 1300 зданий на ИТП с погодным регулированием<sup>5</sup>. Очевидно, что в условиях недостатка свободного места в помещениях зданий, проект которых не предполагал размещение ИТП, применение вертикальных или планшетных тепловых пунктов является единственно возможным решением. При этом существенно сокращаются затраты на монтаж и сервисное обслуживание.

Основа решения заключается в применении высокоэффективных кожухотрубных аппаратов, обладающими такими конкурентными преимуществами как:

- низкая стоимость (дешевле на 30% ближайших конкурентов), малый вес (до 70%), ремонтпригодность (не требуется специальной оснастки), длительный срок службы, возможность установки на ограниченной площади (вдоль стен, под потолком, не требует фундаментов, опор);

- использование интенсифицированных теплообменных аппаратов позволяет эффективнее осуществлять передачу тепла в сравнении с существующими аналогами;

- в кожухотрубных аппаратах JAD реализован принцип самоочистки (подтвержденный 10 летним опытом эксплуатации без проведения промывок), что позволяет снизить эксплуатационные расходы при обслуживании теплообменников (до 40% по сравнению с пластинчатыми аппаратами);

- в ИТП на основе теплообменников ТТАИ применены комплектующие

---

<sup>5</sup> А.В. Васев «Преимущества «планшетной» компоновки индивидуальных тепловых пунктов», журнал «Новости теплоснабжения» № 3, 2017 г.

отечественного производства, что решает проблему импортного замещения.

Реальные условия перевода потребителей на закрытые схемы ГВС диктуют жесткие требования к компактности и удобству обслуживания современных ИТП. Это подтолкнуло разработчиков к реализации концепции «планшетных» тепловых пунктов (рисунок 11).

В планшетных ИТП обеспечивается свободный доступ ко всем его элементам, позволяющим осуществить своевременное техобслуживание, наладку, замену без выполнения операций по демонтажу другого сопряженного оборудования<sup>6</sup>.

Для примера в таблице 2 приведены результаты сравнительного анализа пластинчатых теплообменников и кожухотрубных теплообменников<sup>7</sup>.

Из изложенных выше данных в таблицу 3 сведена информация для сравнения массогабаритных характеристик ряда теплообменников, рассчитанных для следующих условий: требуется осуществить 2-ступенчатый нагрев воды ГВС, при этом расход нагреваемой воды составляет 8,4 т/ч, температуры нагреваемой воды (последовательно по ступеням) - 5, 43 и 55 °С. По греющей среде были заданы следующие параметры: расход через 2-ю и 1-ю ступени соответственно 5,6 и 15,2 т/ч; температуры греющей среды на входе во 2-ю и 1-ю ступени соответственно 70 и 52 С. По габаритным размерам прослеживается очевидное преимущество теплообменных аппаратов ТТАИ.

**Таблица 2 - Результаты сравнительного анализа теплообменников на нагрузку по отоплению 0,4184 Гкал/ч при расходе воды на ГВС 7,04 м<sup>3</sup>/ч**

Критерий	ТТАИ	JAD	Пластинчатый разборный	Пластинчатый неразборный
Стоимость, руб. (без НДС)	126 820	269 849	350 016	220 017
Вес, кг	22	156	562,3	89
Габариты (ДхШхВ), мм	длина – 3295 диаметр - 108	высота – 1880 диаметр - 340	675x460x1772	84x474x1180
Обслуживаемость	разборный	разборный	разборный	неразборный
Максимальное рабочее давление, МПа	1,6	2,5	2,1	2,2
Потери давления, МПа	0,018	0,02	0,024	0,023
Диапазон рабочих температур, °С	до 250	до 250	расчетная 150	расчетная 150
Толщина стенки кожуха/толщина	1 мм		0,4 мм	0,5 мм

<sup>6</sup> Барон В.Г. «Возможность проведения реновации теплосетей, не требующая поиска денежных средств, или еще раз о «Планшетных» теплопунктах», журнал «Теплоэнергоэффективные технологии» № 1-2 (65-66), Санкт-Петербург, 2012

<sup>7</sup> А.В. Васев «Преимущества «планшетной» компоновки индивидуальных тепловых пунктов», журнал «Новости теплоснабжения» № 3, 2017 г.

пластин				
Стоимость прокладок, % от стоимости ТА	0,015%	1%	30%	-

**Таблица 3 - Результаты расчетов габаритных объемов теплообменных аппаратов разных типов, м<sup>3</sup>**

№ п/п	Параметр	Пластинчатый (моноблок)	ВВПИ	ТТАИ
1	Габаритный объем 1 ступени, м <sup>3</sup>	0,19	0,416	0,03
2	Габаритный объем 2 ступени, м <sup>3</sup>		0,124	0,007
<b>ИТОГО, м<sup>3</sup></b>		<b>0,19</b>	<b>0,54</b>	<b>0,037</b>

Авторы настоящего исследования тоже запросили ряд компаний о подборе теплообменников для сравнения. Результаты расчета теплообменников для 2-х ступенчатой схемы ГВС (которые нагреют 7,5 м<sup>3</sup>/ч воды от 5 до 60 °С теплоносителем 70 °С (при условиях максимального разбора, мощность теплообменника - 0,42 Гкал/ч) приведены в таблице 4.

**Таблица 4 - Результаты расчетов поставщиков теплообменных аппаратов ГВС разных типов**

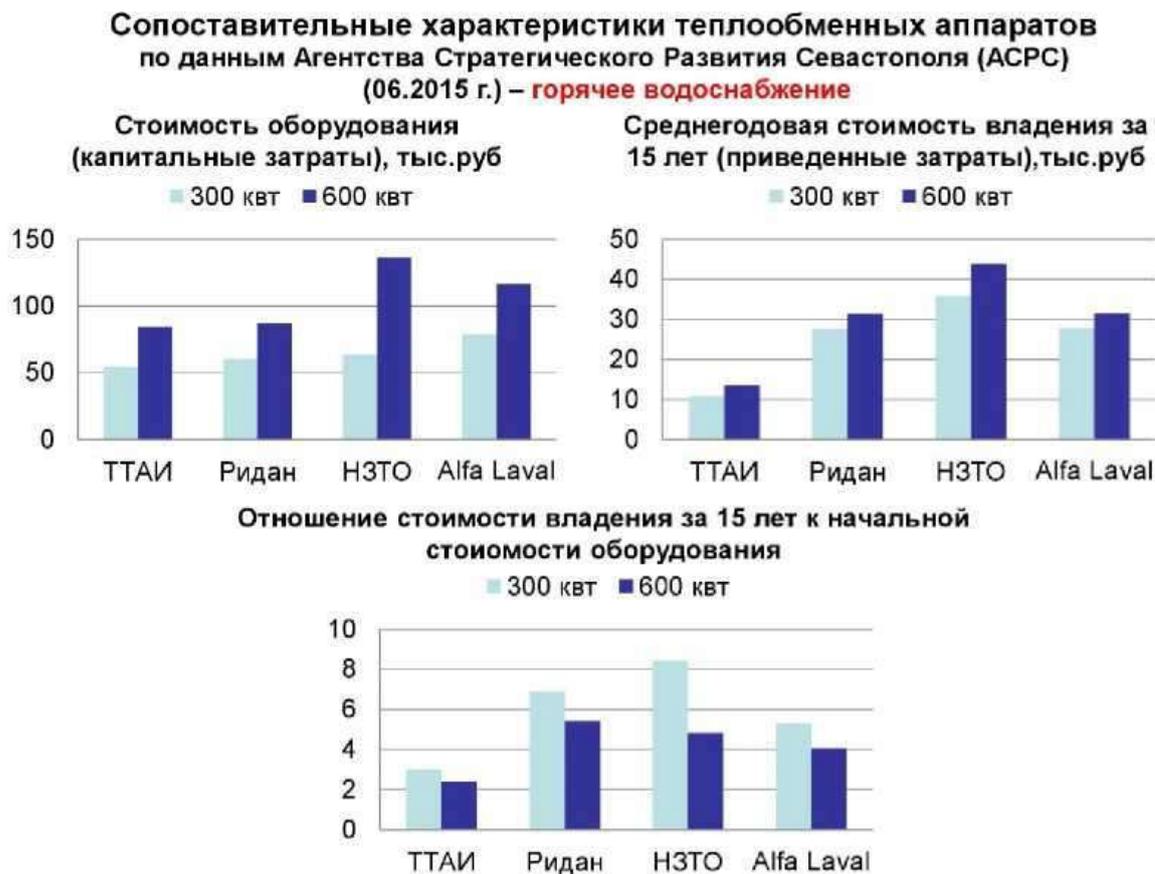
Тип	Пластинчатый разборный		Пластинчатый разборный		Кожухотрубный ТТАИ		Кожухотрубный JAD	
	1 ступень	2 ступень	1 ступень	2 ступень	1 ступень	2 ступень	1 ступень	2 ступень
Производитель	ООО «Кельвион Машинпэкс»		ООО «Данфосс»		ООО «Теплообмен»		ООО «Немен»	
Мощность, Гкал/ч	0,26	0,15	0,26	0,17	0,26	0,15	0,26	0,15
Вес, кг	180	168	285		19	13	50	43
Габариты, мм	430x323x1020	430x323x1020	535x395x960		длина- 2695x133 - диаметр	1587x322 108 - диаметр	высота – 1604 диаметр - 159	высота – 1604 диаметр - 140
Стоимость (в текущих ценах, без НДС), тыс. руб.	77	62	219		68	62	102	93

Стоимость в таблице 4 указана по состоянию «на складе», т.е. без учета транспортных расходов. Из приведенных данных видно, что при практически схожих данных по стоимости, теплообменные аппараты ТТАИ заметно выигрывают по весу, а от веса зависят и затраты на транспорт, и на погрузку-разгрузку, и удобство монтажа/демонтажа, обслуживания, разборки/сборки, устройство фундамента, опор и т.д.

Независимый мониторинг и анализ сопоставительных характеристик теплообменных аппаратов в июле 2015 г. были проведены Агентством Стратегического Развития

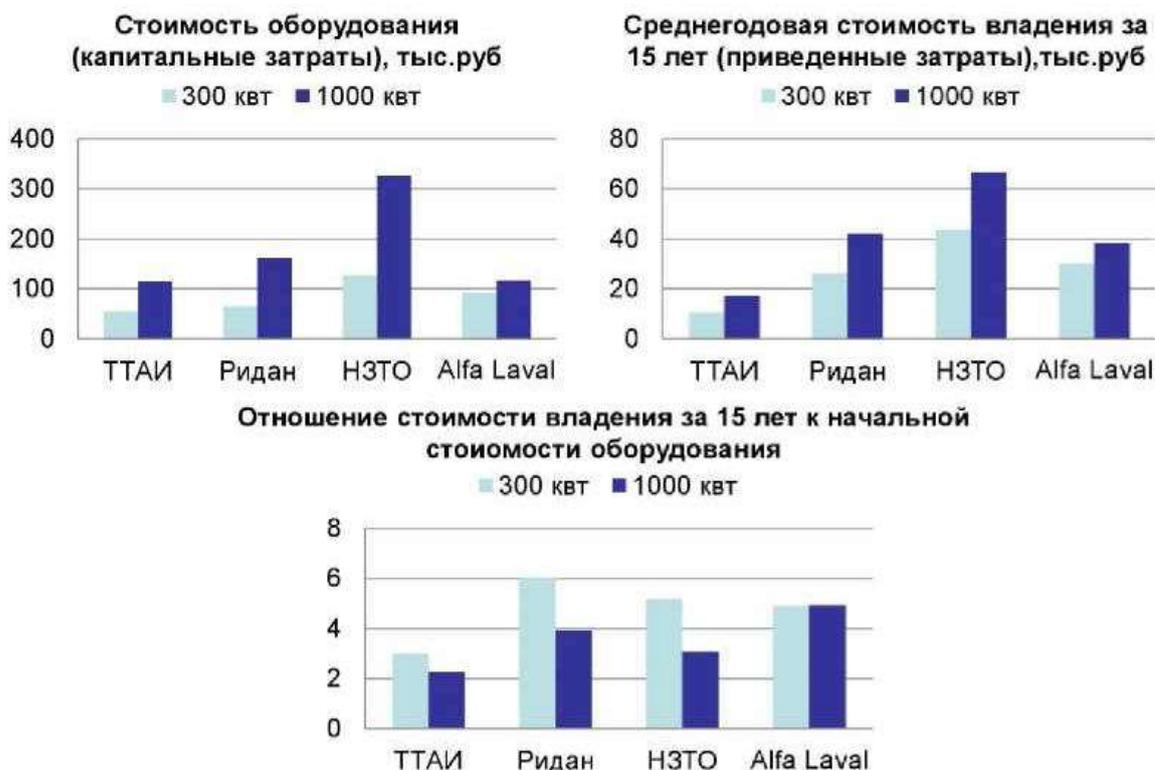
Севастополя (АСРС) с целью выбора оборудования для реконструкции систем теплоснабжения и горячего водоснабжения субъекта федерации - г. Севастополя. В своем отчете АСРС приводит следующие графики сопоставимых характеристик теплообменных аппаратов:

- горячее водоснабжение (рисунок 12);
- отопление (рисунок 13).



**Рисунок 12 - Сопоставимые характеристики теплообменных аппаратов по данным АСРС (06.2015 г.) – горячее водоснабжение**

### Сопоставительные характеристики теплообменных аппаратов по данным АСРС (06.2015 г.) – отопление



**Рисунок 13 - Сопоставимые характеристики теплообменных аппаратов по данным АСРС (06.2015 г.) – отопление**

При расчете стоимости владения были учтены как расходные материалы, так и затраты в человеко-часах на обслуживание теплообменников (в соответствии с регламентами производителей).

#### 3.1.9. Общие выводы по разделу 1

Согласно анализу публикаций к теплообменникам при переходе на закрытую схему ГВС (или организации независимой схемы отопления) предъявляются следующие требования:

1. Массогабаритные показатели. Например, в стесненных условиях подвальных ИТП могут быть «критичными» как длина теплообменного аппарата (могут отсутствовать монтажные проемы в подвалах), так и вес (необходимость вручную «доставлять» к месту монтажа без грузоподъемных механизмов);
2. Низкая стоимость теплообменника и низкая стоимость владения (обслуживания);
3. Доступность или даже возможность ремонта;

4. Простота доступа к поверхностям для очистки от отложений;
5. Невысокое гидродинамическое сопротивление;
6. Склонность к самоочищению или минимальному загрязнению (при соблюдении скоростных режимов теплоносителя).

Сравнение по указанным параметрам представлено в таблице 5. К сравнению приняты пластинчатые разборные, паяные и кожухотрубные интенсифицированные теплообменники.

**Таблица 5 - Сравнение теплообменников по эксплуатационным требованиям**

Критерии	Пластинчатый разборный	Пластинчатый паяный	Кожухотрубный интенсифицированный		
			JAD (Польша)	ТТАИ (Севастополь)	винтовой
Компактность	-	+	+	++	+
Низкая масса	-	+	+	++	+
Низкая стоимость теплообменника	-	+	+	+	+
Низкая стоимость владения	--	-	+	+	+
Возможность ремонта	+	-	+	+	-
Простота доступа к поверхностям для очистки от отложений	-	-	+	+	-
Невысокое гидродинамическое сопротивление	+	+	+	+	+
Склонность к самоочищению или минимальному загрязнению	-	-	++	+	+

Кроме того, нужно учитывать следующие особенности поставщика:

1. Срок изготовления и поставки, особенно при массовой установке теплообменных аппаратов;
2. Обеспечение запасными частями и расходными материалами (для разборных пластинчатых), их стоимость и периодичность замены.
3. Расположение склада запасных частей в непосредственной близости к потенциальному заказчику (для разборных пластинчатых).

Из таблицы 5 следует, что по всему комплексу потребительских свойств наиболее выделяются кожухотрубные теплообменники JAD (Польша) и ТТАИ (Севастополь).

### **3.2.Целесообразность комплексной реконструкции ИТП с переводом потребителей на независимую схему**

Как показал опыт эксплуатации, закрытая независимая схема теплоснабжения как по отоплению, так и по ГВС имеет ряд неоспоримых преимуществ с традиционными зависимыми элеваторными схемами:

1) Возможность автоматического регулирования подачи тепловой энергии у потребителя. В результате повышение качества теплоснабжения, снижение потребления тепловой энергии вследствие исключения «перетоков» и эффективного распределения тепловой энергии.

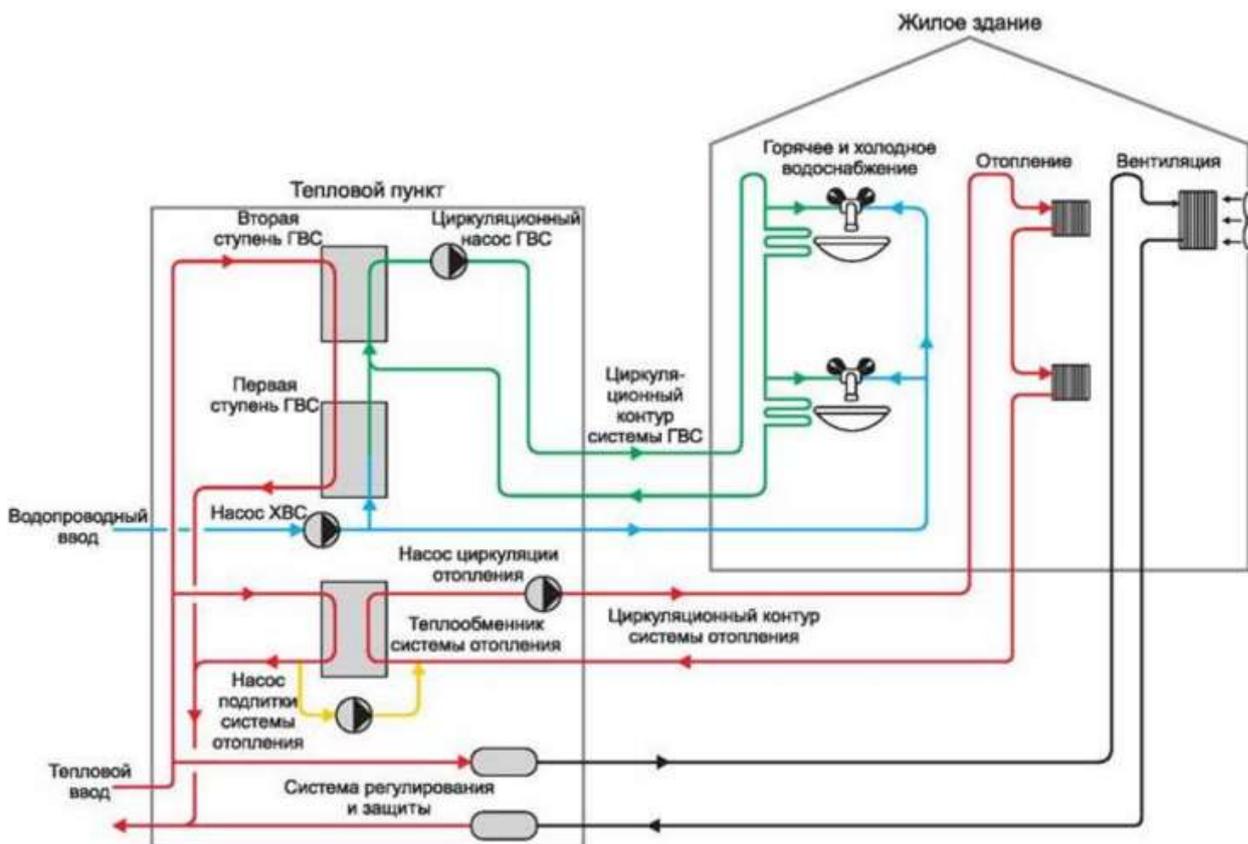
2) Возможность перехода на количественно-качественное регулирование.

3) Возможность подключения новых потребителей без перекладки сетей с увеличением диаметра, без строительства насосных станций.

4) Уменьшение величины подпиточной воды и расходов на ее приготовление.

5) Снижение эксплуатационных расходов.

Гидравлическая взаимосвязь отдельных элементов системы при зависимом подключении отопительных систем и открытого водоразбора с течением времени неизбежно приводит к разрегулировке гидравлического режима работы системы. В большой степени этому способствуют нарушения (в т.ч. сливы теплоносителя со стороны потребителей тепла). В конечном итоге это оказывает отрицательное влияние на качество и стабильность теплоснабжения и снижает эффективность работы теплоисточников, а для потребителей тепла снижается комфортность жилья при одновременном повышении затрат.



**Рисунок 14 - Принципиальная схема ТП с закрытой системой горячего водоснабжения и независимой схемой присоединения системы отопления**

Экономически оправданным является комплексное решение, включающее одновременный переход на независимую схему присоединения системы отопления с установкой авторегуляторов и на повышенный скорректированный график отпуска тепловой энергии с «точкой излома»  $T_1=70-75$  °С, т.е. реконструкция аналогичная реконструкции закрытой системы теплоснабжения, сопровождаемая увеличением расхода сетевой воды на отопление и снижением расхода сетевой воды на ГВС. По разным оценкам, такая реконструкция позволит снизить затраты на теплоснабжение на 20-25%. Переход на независимое присоединение системы отопления приведет к улучшению качества горячей воды, поскольку от системы теплоснабжения будут отключаться системы отопления зданий, которые являются наиболее загрязненными контурами.

Чтобы достичь максимальной энергоэффективности здания, необходима установка приборов учета входящих энергоресурсов, автоматического ИТП с погодозависимым управлением, балансировочных клапанов на стояки систем отопления, автоматических термостатов на приборы отопления в здании. Комплекс оборудования обеспечит диспетчеризацию в режиме онлайн и индивидуальный учет в каждой квартире, как на

горизонтальных системах отопления, так и на вертикальных. Диспетчер должен контролировать, а при необходимости управлять ТП любого здания, которое подключено к системе. Система позволяет делать расчет потребления тепла в реальном режиме за день или месяц - она сразу формирует документы для УК, позволяет моментально реагировать, высылать ремонтную бригаду в случае необходимости.

#### **4. Выбор и обоснование метода регулирования отпуска тепловой энергии от источников тепловой энергии**

Проектом актуализированной Схемы теплоснабжения на 2019 г. не предусматривается изменение методов регулирования отпуска тепловой энергии от котельных, в СЦТ от которых предусматривается перевод потребителей на закрытую схему ГВС.

#### **5. Предложения по реконструкции тепловых сетей для обеспечения передачи тепловой энергии при переходе от открытой системы теплоснабжения (горячего водоснабжения) к закрытой системе горячего водоснабжения**

При переводе потребителей на закрытую схему ГВС потребуется произвести реконструкцию участков магистральных сетей от котельных, с целью увеличения пропускной способности.

Участки тепловых сетей, подлежащие реконструкции, представлены на рисунках ниже.



**Рисунок 15 - Трассировка магистралей от котельной Новые Ляды ООО «ПСК»,  
подлежащих перекладке**



**Рисунок 16 - Трассировка магистралей от котельной Кислотные Дачи ООО «ПСК», подлежащих перекладке**

Переход на закрытую схемы ГВС приведет к существенному изменению работы системы холодного водоснабжения города. В связи с возрастанием нагрузки на систему, также потребуется перекладка магистральных водопроводов.

Ориентировочная стоимость мероприятий по реконструкции сетевого хозяйства в зоне потребителей от котельной Новые Ляды представлена в таблице 6, в таблице 7 – от котельной Кислотные Дачи.

**Таблица 6 - Инвестиции в развитие сетевого хозяйства от котельной Новые Ляды**

№п/п	Мероприятия	Протяженность	Ориентировочная стоимость работ, тыс. руб. без НДС
1.	Реконструкция т/с	2 512,5 м	72 400
2.	Реконструкция сетей ХВС	2 000 м	35 000
<b>Итого без НДС, тыс. руб.</b>			<b>107 400</b>

**Таблица 7 - Инвестиции в развитие сетевого хозяйства от котельной Кислотные Дачи**

№п/п	Мероприятия	Протяженность	Ориентировочная стоимость работ, тыс. руб. без НДС
1.	Реконструкция т/с	6 453,2 м	103 209
2.	Реконструкция сетей ХВС	2 000 м	35 000
<b>Итого без НДС, тыс. руб.</b>			<b>115 665</b>

## **6. Расчет потребности инвестиций для перевода открытой системы теплоснабжения (горячего водоснабжения) в закрытую систему горячего водоснабжения и план-график реализации мероприятий**

Мероприятия по каждому потребителю (зданию), необходимые для обеспечения перевода на закрытую схему ГВС включают в себя:

1) Составление пообъектных технических решений и формирование проектно-сметной документации (принято в соответствии с усредненными предложениями проектных организаций 10÷15% от суммарной стоимости ИТП + внутренних коммуникаций);

2) Мероприятия по подготовке помещений для проведения строительно-монтажных работ (ликвидация подтоплений, очистка техподполья от мусора);

3) Закупка оборудования, принятая в соответствии с ценами производителя,

4) Доставка оборудования, принятая в соответствии с п. 4.60 МДС 81-35.2004 «Методика определения стоимости строительной продукции на территории Российской Федерации»;

5) Реконструкция внутридомовой разводки коммуникаций. Прогноз по данной статье затруднителен, ввиду отсутствия общедоступных проектов-аналогов, а также сметных нормативов. В настоящем расчете предусматривается усредненная оценка о стоимости систем в размере 15% от стоимости оборудования ИТП. При этом на этапе составления проектной документации в домах с несколькими ИТП необходимо включить в смету дополнительные трубопроводы ГВС от одного ИТП, в котором будет осуществляться подготовка горячей воды на весь дом;

6) Выполнение строительно-монтажных и пусконаладочных работ (принято в соответствии с усредненными предложениями проектных организаций 30÷60% от суммарной стоимости ИТП + внутренних коммуникаций).

Для оценки капитальных вложений в проекты реконструкции существующих ИТП применен метод аналогов, с учетом коммерческих предложений организаций-производителей теплотехнического оборудования.

Ниже представлена сравнительная оценка вариантов закрытия ГВС с применением типовых ИТП по 2 вариантам:

- с применением теплообменных аппаратов JAD;
- с применением теплообменных аппаратов ТТАИ.

Цены на установку оборудования в многоквартирных домах ранжированы по следующим категориям:

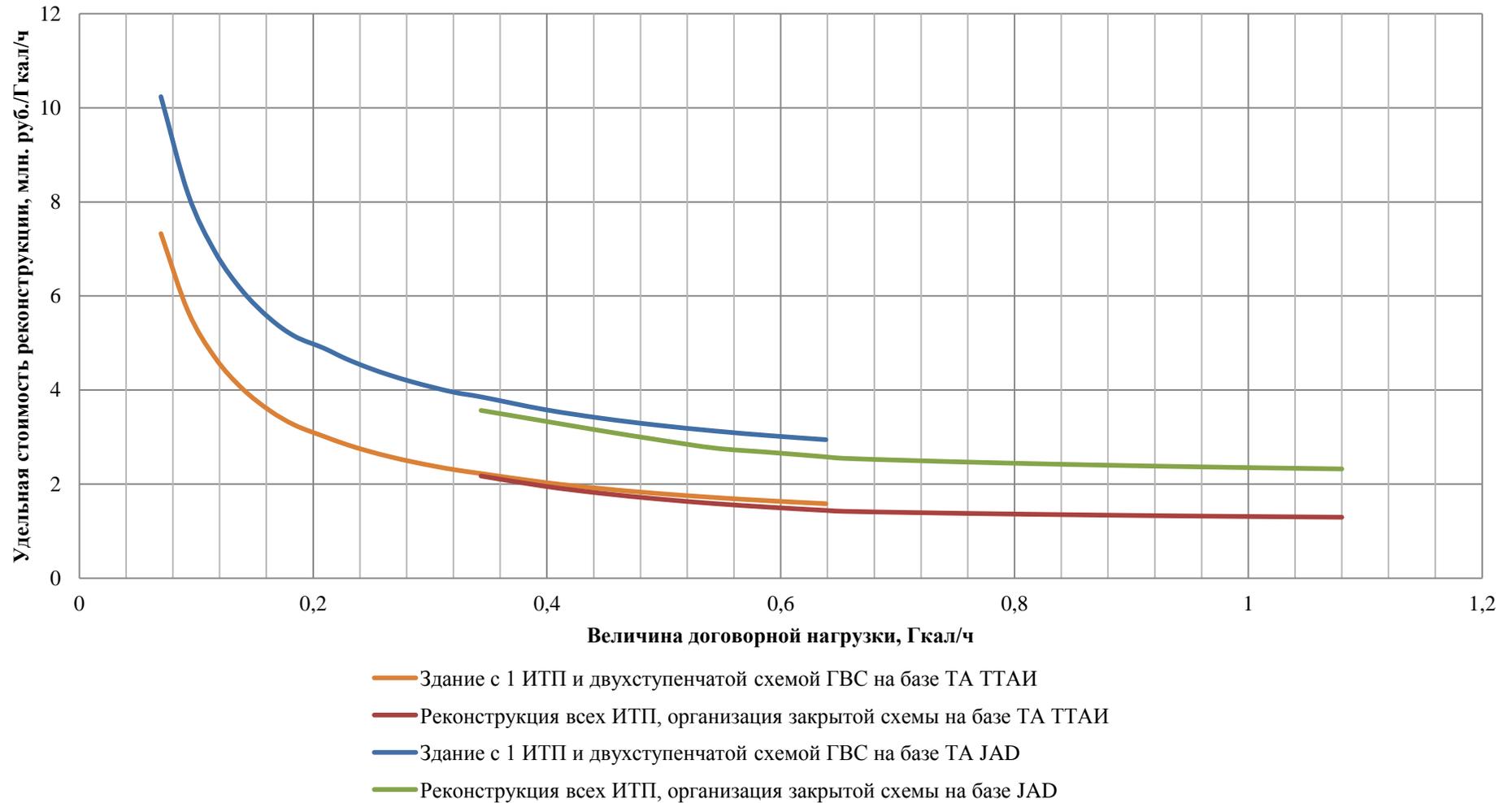
- многоквартирные дома с количеством подъездов более 1, с учетом применения 1 узла подготовки ГВС на весь дом;
- многоквартирные одноподъездные дома с 1 ИТП;
- многоквартирные дома, где планируется к установке одноступенчатая схема.

Необходимость установки двух- или одноступенчатой схемы определяется коэффициентом:

$$\rho = \frac{Q_{ГВС}^{макс}}{Q_{ОВ}}$$

где  $Q_{ГВС}^{макс}$  – максимальная часовая нагрузка ГВС, Гкал/ч;  $Q_{ОВ}$  – расчетная нагрузка отопления и вентиляции, Гкал/ч.

Одноступенчатая схема применяется при очень малых ( $\leq 0,2$ ) или очень больших значениях коэффициента ( $\geq 1$ ). В остальных случаях рекомендуется использовать двухступенчатую схему.



**Рисунок 17 - Сравнение удельной стоимости ИТП (закрытие ГВС + организация независимой схемы) для ТА JAD и ТТАИ**

Как видно, реконструкция ИТП на с установкой ТА JAD выглядит дороже по капитальным затратам. Причиной тому служит увеличение цены за счет поставки оборудования из Польши – страны-производителя. Поставщик оборудования ООО «Немен» (<https://www.nemen.ru/index/our-product/catalog/teploobmennik/>) осуществляет подбор оборудования и выдает коммерческое предложение в евро. Таким образом, цена оборудования должна быть скорректирована на момент заказа, что должно уточняться при проектировании ИТП.

Несмотря на дороговизну оборудования, именно данные теплообменные аппараты предлагаются к установке, ввиду улучшенных эксплуатационных характеристик, что непосредственно влияет на качество горячего водоснабжения для конечных потребителей.

Начиная с присоединенной нагрузки 0,3 Гкал/ч, целесообразно при проектировании ИТП предусматривать узел приготовления ГВС в одном помещении, что позволяет сократить капитальные затраты.

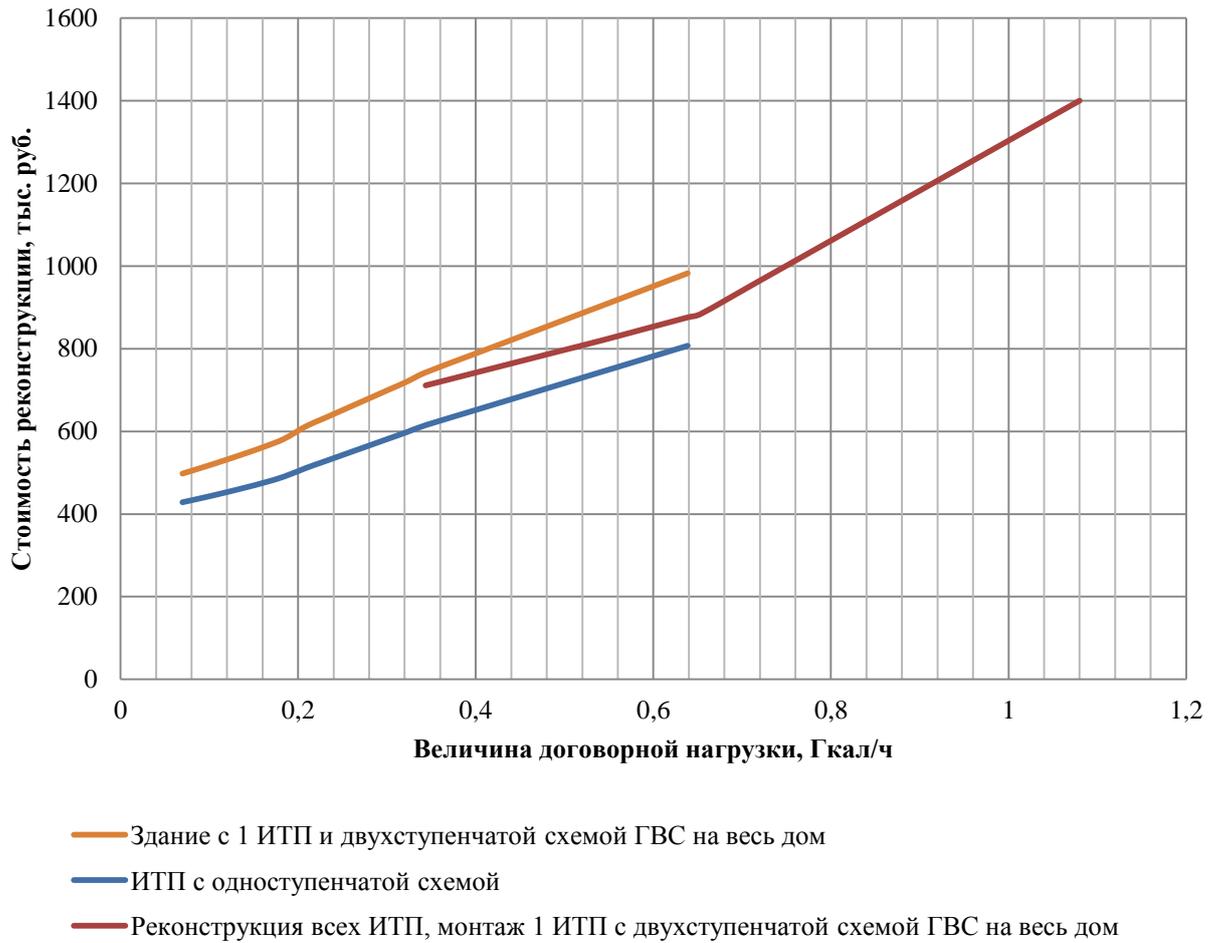
Удельная стоимость ИТП с одноступенчатой схемой на 6-11% дешевле ИТП с двухступенчатой схемой.

У потребителей с тепловой нагрузкой ГВС 0,01 Гкал/ч и менее, предлагается устанавливать индивидуальные электрические водонагреватели ГВС и сохранять существующую схему подачи отопления и вентиляции по следующим причинам:

1) Низкая плотность тепловой нагрузки и низкий уровень теплопотребления на нужды ГВС (суммарная тепловая нагрузка ГВС таких потребителей не превышает 1,1 Гкал/ч);

2) Высокая удельная величина капитальных вложений на реконструкцию ИТП (тыс. руб./Гкал/ч).

В таблице 8 и на рисунке 18 представлены затраты на реализацию мероприятий по реконструкции оборудования в существующих ИТП в текущих ценах.



**Рисунок 18 - Принятые цены на реконструкцию оборудования ИТП**

Оценочная стоимость составляющих ИТП на примере 5 и 9 этажных зданий представлена в таблице 9.

**Таблица 8 - Цены на реконструкцию ИТП, отнесенные к величине суммарной договорной нагрузке**

Наименование		Здание с 1 ИТП и двухступенчатой схемой ГВС на весь дом		ИТП с одноступенчатой схемой		Реконструкция всех ИТП, монтаж 1 ИТП с двухступенчатой схемой ГВС на весь дом	
Величина	Договорная нагрузка	Стоимость реконструкции, тыс. руб.	Удельная стоимость реконструкции, млн. руб./Гкал/ч	Стоимость реконструкции, тыс. руб.	Удельная стоимость реконструкции, млн. руб./Гкал/ч	Стоимость реконструкции, тыс. руб.	Удельная стоимость реконструкции, млн. руб./Гкал/ч
Договорная нагрузка потребителя, Гкал/ч	0,07	498	7,132	428	6,139		
	0,09	513	5,515	439	4,723		
	0,12	529	4,550	451	3,878		
	0,14	546	3,911	463	3,320		
	0,16	564	3,460	477	2,927		
	0,18	582	3,158	491	2,663		
	0,21	612	2,933	511	2,450		
	0,23	630	2,768	526	2,309		
	0,25	648	2,627	540	2,190		
	0,27	666	2,507	555	2,088		
	0,28	684	2,403	569	1,999		
	0,30	702	2,312	584	1,922		
	0,32	720	2,232	598	1,854		
	0,34	743	2,161	615	1,790	711	2,069
	0,40	786	1,978	650	1,635	741	1,863
	0,45	826	1,852	681	1,528	767	1,721
	0,49	865	1,750	713	1,443	794	1,607
	0,54	905	1,665	745	1,370	821	1,510
	0,59	943	1,597	776	1,314	848	1,436
	0,64	982	1,538	807	1,264	876	1,371
	0,65					884	1,353
	0,71					958	1,341
	0,78					1032	1,330
0,84					1105	1,322	
0,90					1179	1,314	
0,96					1253	1,307	
1,02					1326	1,301	
1,08					1400	1,296	

**Таблица 9 - Затраты на оборудование ИТП в текущих ценах на примере 5 и 9 этажных домов, с теплообменными аппаратами типа JAD**

Характеристика	ТО ГВС	ТО ОВ	Насос подпиточный	Насос циркуляционный ГВС	Насос циркуляционный	Фильтр сетчатый	Двухходовой регулирующийся клапан	Арматура	Мембранный бак	Стоимость КИПиА (контроль и регулирование)	Стоимость труб, фасонины, антикоррозионной защиты и изоляции	Полная стоимость ИТП
5 этажей, 4 подъезда	268701	225519	40000	88000	120000	4000	66000	24000	14000	170000	102022	1122243
9 этажей, 4 подъезда	407281	451039	128000	38000	180000	4000	83000	24000	20000	179000	151432	1665752
5 этажей, 1 подъезд	160935	225519	40000	88000	80000	4000	66000	24000	3000	170000	86145	947599
9 этажей, 1 подъезд	283386	315727	81000	101000	152000	4000	66000	24000	7000	170000	120411	1324524

Сводные капитальные затраты представлены в таблице 10. В Приложении 1 представлен пообъектный перечень потребителей, подлежащих переводу на закрытую схему, с указанием стоимости ИТП.

**Таблица 10 - Капитальные затраты на мероприятия по организации закрытой схемы ГВС и план-график реализации, тыс. руб. (в текущих ценах)**

Этап	Затраты, тыс. руб., без НДС					ИТОГО
	2019	2020	2021	2022	2023	
<b>А) ВК "Новые Ляды"</b>						
<b>1. Система теплоснабжения</b>						
1-1. Реконструкция ИТП	0	3 297	7 608	6 074	7 621	<b>24 600</b>
1-2. Реконструкция тепловых сетей	0	9 703	22 392	17 876	22 429	<b>72 400</b>
<b>1. ИТОГО по системе теплоснабжения</b>	<b>0</b>	<b>13 000</b>	<b>30 000</b>	<b>23 950</b>	<b>30 050</b>	<b>97 000</b>
<b>2. Затраты на сети ХВС</b>						
2. Реконструкция сетей ХВС	0	8 750	8 750	8 750	8 750	<b>35 000</b>
<b>ИТОГО по СЦТ+ХВС</b>	<b>0</b>	<b>21 750</b>	<b>38 750</b>	<b>32 700</b>	<b>38 800</b>	<b>132 000</b>
<b>Б) ВК "Кислотные Дачи"</b>						
<b>1. Система теплоснабжения</b>						
1-1. Реконструкция ИТП	0	9 951	22 964	18 333	23 002	<b>74 249</b>
1-2. Реконструкция тепловых сетей	0	13 832	31 920	25 483	31 973	<b>103 209</b>
<b>1. ИТОГО по системе теплоснабжения</b>	<b>0</b>	<b>25 000</b>	<b>69 458</b>	<b>53 000</b>	<b>30 000</b>	<b>177 458</b>
<b>2. Затраты на сети ХВС</b>						
2. Реконструкция сетей ХВС	0	8 750	8 750	8 750	8 750	<b>35 000</b>
<b>ИТОГО по СЦТ+ХВС</b>	<b>0</b>	<b>33 750</b>	<b>78 208</b>	<b>61 750</b>	<b>38 750</b>	<b>212 458</b>
<b>В) ВК "Искра" (Молодежная)</b>						
<b>1. Система теплоснабжения</b>						
1-1. Реконструкция ИТП	0	0	0	0	4 235	<b>4 235</b>
1-2. Реконструкция тепловых сетей	0	0	0	0	0	<b>0</b>
<b>1. ИТОГО по системе теплоснабжения</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>4 235</b>	<b>4 235</b>
<b>2. Затраты на сети ХВС</b>						
2. Реконструкция сетей ХВС	0	0	0	0	0	<b>0</b>
<b>ИТОГО по СЦТ+ХВС</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>4 235</b>	<b>4 235</b>
<b>ИТОГО по системам теплоснабжения</b>						
<b>1. Система теплоснабжения</b>						
1-1. Реконструкция ИТП	0	13 248	30 572	24 407	34 858	<b>103 084</b>
1-2. Реконструкция тепловых сетей	0	23 535	54 312	43 359	54 402	<b>175 609</b>
<b>1. ИТОГО по системе теплоснабжения</b>	<b>0</b>	<b>38 000</b>	<b>99 458</b>	<b>76 950</b>	<b>64 285</b>	<b>278 693</b>
<b>2. Затраты на сети ХВС</b>						
2. Реконструкция сетей ХВС	0	17 500	17 500	17 500	17 500	<b>70 000</b>
<b>ИТОГО по СЦТ+ХВС</b>	<b>0</b>	<b>55 500</b>	<b>116 958</b>	<b>94 450</b>	<b>81 785</b>	<b>348 693</b>

С целью поддержания стабильного гидравлического режима рекомендуется модернизацию ИТП потребителей начинать от источника тепловой энергии, т.е. с потребителей, которые имеют минимальную удаленность от теплоисточника.

## **7. Оценка целевых показателей эффективности и качества теплоснабжения в открытой системе теплоснабжения (горячего водоснабжения) и закрытой системе горячего водоснабжения**

Реализация проекта перевода на закрытую схему присоединения по ГВС предлагается посредством установки подогревателей горячей воды непосредственно в присоединенных зданиях. Данная схема является наиболее эффективной, если сравнивать с закрытием схемы посредством ЦТП и 4-трубной системы теплоснабжения. Основной эффект от перевода потребителей на закрытую схему ГВС достигается за счет повышения качества горячей воды у конечных потребителей.

Также следует отметить возможные эффекты для потребителей:

- снижение платежей за горячую воду при стоимости теплоносителя выше стоимости водопроводной воды;
- соблюдение температуры горячей воды;
- уменьшение сливов при отсутствии циркуляции;
- повышение достоверности и снижение стоимости приборного учета.

Возможны эффекты от перехода также и для теплоснабжающей организации:

- ликвидация убытков при тарифе на теплоноситель ниже реальных затрат;
- возможность получения дополнительных доходов от эксплуатации ИТП;
- улучшение режимов в тепловых сетях с возможностью подключения новых потребителей;
- повышение качества теплоносителя с уменьшением внутренней коррозии оборудования.

Преимущества комплексной организации независимой схемы как по отоплению, так и по ГВС представлены в разделе 1.2.

## **8. Предложения по источникам инвестиций**

На территории г. Перми всего 3 системы имеют открытую схему подачи ГВС. Все потребители находятся в системах теплоснабжения ООО «ПСК». Учитывая масштабы производства тепловой энергии и эксплуатацию большинства систем теплоснабжения с

закрытой схемой, целесообразно рассмотреть «тарифные» источники финансирования (прибыль, направленная на инвестиции, амортизационные отчисления).

Затраты на реконструкцию тепломагистралей холодного водоснабжения должны быть уточнены в Схеме водоснабжения г. Перми. Источником финансирования также могут являться составляющие тарифа на холодную воду.

**Приложение 1. Капитальные затраты по каждому зданию, требуемые для перевода потребителей на закрытую схему ГВС**

№ п/п	Улица	Дом	Назначение	Нагрузка отопления, Гкал/ч	Нагрузка вентиляция, Гкал/ч	Нагрузка ГВС, Гкал/ч	Схема ГВС	Примечание	Проектирование ИТП, тыс. руб.	Подготовка помещений, тыс. руб.	Оборудование ИТП, тыс. руб.	Доставка оборудования, тыс. руб.	Реконструкция внутридомовой разводки, тыс. руб.	Строительно-монтажные работы, тыс. руб.	Сумма, тыс. руб.
<b>ВК Новые Ляды</b>															
1	Мира	2	ж.д.	0,110		0,014	двухступенчатая		69	19	265	16	198	372	<b>938</b>
2	Мира	8	ж.д.	0,269		0,033	двухступенчатая		111	19	460	28	281	372	<b>1269</b>
3	Молодежная	6	ж.д.	0,158		0,022	двухступенчатая		84	19	346	21	215	372	<b>1056</b>
4	Молодежная	8	ж.д.	0,156		0,026	двухступенчатая		92	19	381	23	232	372	<b>1117</b>
5	Мира	13	ж.д.	0,386		0,070	двухступенчатая		205	19	982	59	399	683	<b>2347</b>
6	Мира	17а	ж.д.	0,376		0,070	двухступенчатая		204	19	985	59	392	681	<b>2340</b>
7	Веселая	2	ж.д.	0,315		0,061	двухступенчатая		182	19	860	52	363	606	<b>2080</b>
8	Молодежная	7	ж.д.	0,183		0,019	двухступенчатая		82	19	325	20	225	372	<b>1042</b>
9	Веселая	5	ж.д.	0,122		0,014	двухступенчатая		68	19	265	16	192	372	<b>931</b>
10	Веселая	2	милиция	0,036		0,000	одноступенчатая		56	19	56	3	237	372	<b>743</b>
11	Мира	9а	гор. Б-ца	0,001			нет ГВС		0	0	0	0	0	0	<b>0</b>
12	Мира	9а	рентген	0,042		0,000	индивидуальный водонагреватель	ввиду малой подключенной нагрузки	0	19	56	3	8	0	<b>86</b>
13	Мира	9а	адм. Корп.	0,037		0,001	одноступенчатая		56	19	62	4	244	372	<b>755</b>
14	Мира	9а	леч. Корпус	0,138		0,003	одноступенчатая		56	19	112	7	196	372	<b>761</b>
15	Крылова	63	здание	0,126		0,001	одноступенчатая		56	19	57	3	173	372	<b>680</b>
16	Мира	5	дет. Сад	0,105		0,008	двухступенчатая		60	19	215	13	183	372	<b>861</b>
17	Транспортная	2	здание	0,119		0,000	одноступенчатая		0	19	55	3	187	0	<b>264</b>
18	Мира	1	клуб	0,098	0,040	0,002	одноступенчатая		56	19	86	5	190	372	<b>726</b>
19	Островского	87	торг. Центр	0,133		0,002	одноступенчатая		56	19	78	5	185	372	<b>713</b>
20	Мира	9	дет. сад	0,100		0,006	двухступенчатая		56	19	172	10	169	372	<b>797</b>
21	40 лет Победы	16	павильон	0,009		0,001	двухступенчатая		0	19	13	1	9	0	<b>41</b>
22	Железнодорож	18	пож. Часть	0,231		0,001	одноступенчатая		56	19	69	4	215	372	<b>733</b>
23	Железнодорож	25	здание	0,080		0,000	одноступенчатая		56	19	79	5	196	372	<b>725</b>
24	Мира	11	школа	0,474		0,046	двухступенчатая		152	19	640	38	378	506	<b>1732</b>
25	40 лет Победы		ООО Протон	0,001			нет ГВС		0	0	0	0	0	0	<b>0</b>
26	40 лет Победы		дом спорта	0,221		0,006	одноступенчатая		62	19	183	11	231	372	<b>877</b>
27	40 лет Победы		баня	0,006		0,006	одноступенчатая		56	19	145	9	40	372	<b>640</b>
28	40 лет Победы		общежитие	0,162		0,000	нет ГВС		0	0	0	0	0	0	<b>0</b>
29	Очистные соор.		вспом. Корп.	0,047		0,000	индивидуальный водонагреватель	ввиду малой подключенной нагрузки	0	19	56	3	8	0	<b>86</b>
30	Очистные соор.		АБК	0,038		0,000	индивидуальный водонагреватель	ввиду малой подключенной нагрузки	0	19	56	3	8	0	<b>86</b>
31	Очистные соор.		лаборатория	0,019	0,018	0,000	индивидуальный водонагреватель	ввиду малой подключенной нагрузки	0	19	56	3	8	0	<b>86</b>
32	Фильтровальная			0,118	0,026	0,000	индивидуальный водонагреватель	ввиду малой подключенной нагрузки	0	19	56	3	8	0	<b>86</b>
<b>ИТОГО по котельной</b>				<b>4,42</b>	<b>0,08</b>	<b>0,41</b>			<b>1928</b>	<b>539</b>	<b>7169</b>	<b>430</b>	<b>5369</b>	<b>9164</b>	<b>24 600</b>
<b>ВК Кислотные дачи</b>															
1	Бушмакина	10	ж.д.	0,237	0,000	0,024	двухступенчатая		62	12	245	15	169	246	<b>748</b>
2	Чернышевского	74/2	ж.д.	0,549	0,000	0,086	двухступенчатая		166	12	798	48	322	553	<b>1899</b>
3	Чернышевского	74/3	ж.д.	0,260	0,000	0,039	двухступенчатая		83	12	366	22	190	277	<b>951</b>
4	Чернышевского	82	ж.д.	0,427	0,000	0,062	двухступенчатая		124	12	575	34	261	414	<b>1421</b>
5	Чернышевского	86	ж.д.	0,370	0,000	0,061	двухступенчатая		122	12	566	34	253	406	<b>1392</b>

№ п/п	Улица	Дом	Назначение	Нагрузка отопление, Гкал/ч	Нагрузка вентиляция, Гкал/ч	Нагрузка ГВС, Гкал/ч	Схема ГВС	Примечание	Проектирование ИТП, тыс. руб.	Подготовка помещений, тыс. руб.	Оборудование ИТП, тыс. руб.	Доставка оборудования, тыс. руб.	Реконструкция внутридомовой разводки, тыс. руб.	Строительно-монтажные работы, тыс. руб.	Сумма, тыс. руб.
6	Чернышевского	88	ж.д.	1,011	0,000	0,170	двухступенчатая		320	12	1581	95	609	1068	3685
7	2-я Пограничная	11	ж.д.	0,105	0,000	0,013	двухступенчатая		44	12	170	10	125	246	607
8	Бушмакина	9	ж.д.	0,116	0,000	0,016	двухступенчатая		49	12	190	11	138	246	647
9	Бушмакина	11	ж.д.	0,231	0,000	0,021	двухступенчатая		58	12	224	13	162	246	715
10	Бушмакина	13	ж.д.	0,224	0,000	0,027	двухступенчатая		64	12	261	16	164	246	762
11	Бушмакина	15	ж.д.	0,124	0,000	0,010	двухступенчатая		41	12	148	9	124	246	580
12	Бушмакина	16	ж.д.	0,247	0,000	0,036	двухступенчатая		78	12	336	20	183	259	888
13	Бушмакина	23	ж.д.	0,065	0,000	0,008	двухступенчатая		39	12	142	9	115	246	562
14	Бушмакина	25	ж.д.	0,065	0,000	0,009	двухступенчатая		40	12	148	9	116	246	570
15	Доватора	30	ж.д.	0,069	0,000	0,008	двухступенчатая		39	12	142	9	120	246	568
16	Доватора	30а	ж.д.	0,067	0,000	0,004	двухступенчатая		37	12	99	6	112	246	511
17	Доватора	36	ж.д.	0,185	0,000	0,019	двухступенчатая		54	12	210	13	149	246	684
18	Доватора	38	ж.д.	0,224	0,000	0,019	двухступенчатая		55	12	214	13	156	246	696
19	Можайская	3	ж.д.	0,225	0,000	0,020	двухступенчатая		57	12	225	13	159	246	712
20	Можайская	6	ж.д.	0,223	0,000	0,020	двухступенчатая		57	12	221	13	157	246	706
21	Можайская	9	ж.д.	0,239	0,000	0,025	двухступенчатая		61	12	245	15	165	246	745
22	Можайская	11	ж.д.	0,250	0,000	0,039	двухступенчатая		82	12	363	22	189	275	943
23	Можайская	18	ж.д.	0,148	0,000	0,032	двухступенчатая		67	12	298	18	154	246	795
24	Можайская	20	ж.д.	0,184	0,000	0,030	двухступенчатая		66	12	280	17	159	246	779
25	Ольховская	23	ж.д.	0,106	0,000	0,012	двухступенчатая		42	12	158	9	124	246	591
26	Ольховская	26	ж.д.	0,104	0,000	0,016	двухступенчатая		47	12	187	11	126	246	629
27	Ольховская	38	ж.д.	0,105	0,000	0,013	двухступенчатая		43	12	166	10	124	246	601
28	Суперфосфатная	8	адм.зд.	0,065	0,000	0,001	однoступенчатая		37	12	62	4	109	246	469
29	Талицкий	4	ж.д.	0,150	0,000	0,014	двухступенчатая		47	12	178	11	137	246	631
30	Чернышевского	25	ж.д.	0,303	0,000	0,056	двухступенчатая		110	12	515	31	226	368	1263
31	Чернышевского	27	ж.д.	0,306	0,000	0,052	двухступенчатая		104	12	479	29	222	348	1195
32	Чернышевского	28	ж.д.	0,110	0,000	0,008	двухступенчатая		38	12	131	8	124	246	559
33	Чернышевского	29	ж.д.	0,307	0,000	0,054	двухступенчатая		108	12	500	30	226	360	1236
34	Чернышевского	52	ж.д.	0,157	0,000	0,017	двухступенчатая		52	12	202	12	146	246	670
35	Чернышевского	60	ж.д.	0,185	0,000	0,022	двухступенчатая		57	12	231	14	152	246	712
36	Колвинская	10	ж.д.	0,104	0,000	0,010	двухступенчатая		40	12	147	9	120	246	574
37	Колвинская	18	ж.д.	0,062	0,000	0,007	двухступенчатая		37	12	126	8	108	246	536
38	Колвинская	20	ж.д.	0,062	0,000	0,010	двухступенчатая		38	12	144	9	112	246	560
39	Колвинская	22	ж.д.	0,064	0,000	0,006	двухступенчатая		37	12	114	7	109	246	525
40	Колвинская	26	ж.д.	0,065	0,000	0,010	двухступенчатая		39	12	147	9	116	246	569
41	Ольховская	15	ж.д.	0,115	0,000	0,010	двухступенчатая		42	12	148	9	131	246	589
42	Ольховская	17	ж.д.	0,115	0,000	0,018	двухступенчатая		51	12	203	12	139	246	663
43	Ольховская	19	ж.д.	0,115	0,000	0,014	двухступенчатая		47	12	177	11	135	246	628
44	Ольховская	27	ж.д.	0,111	0,000	0,013	двухступенчатая		45	12	170	10	130	246	613
45	Ольховская	29	ж.д.	0,108	0,000	0,010	двухступенчатая		40	12	144	9	124	246	575
46	Ольховская	30	ж.д.	0,107	0,000	0,012	двухступенчатая		42	12	159	10	125	246	594
47	Ольховская	34	ж.д.	0,104	0,000	0,013	двухступенчатая		43	12	166	10	123	246	601
48	Ольховская	36	ж.д.	0,102	0,000	0,012	двухступенчатая		42	12	159	10	121	246	589
49	Ракитная	11	ж.д.	0,062	0,000	0,007	двухступенчатая		37	12	126	8	108	246	536
50	Ракитная	13	ж.д.	0,064	0,000	0,009	двухступенчатая		39	12	148	9	114	246	568
51	Ракитная	15	ж.д.	0,064	0,000	0,007	двухступенчатая		37	12	126	8	112	246	540
52	Ракитная	17	ж.д.	0,066	0,000	0,005	двухступенчатая		37	12	106	6	110	246	517
53	Ракитная	30	ж.д.	0,049	0,000	0,003	двухступенчатая		37	12	98	6	117	246	516
54	Ракитная	32	ж.д.	0,053	0,000	0,003	двухступенчатая		37	12	98	6	124	246	523
55	Ракитная	34	ж.д.	0,052	0,000	0,003	двухступенчатая		37	12	98	6	122	246	521
56	Ракитная	36	ж.д.	0,052	0,000	0,010	двухступенчатая		42	12	148	9	130	246	587
57	Роменская	7	ж.д.	0,051	0,000	0,003	двухступенчатая		37	12	89	5	119	246	507
58	Чернышевского	50	ж.д.	0,013	0,000	0,002	двухступенчатая		37	12	119	7	25	246	446

№ п/п	Улица	Дом	Назначение	Нагрузка отопление, Гкал/ч	Нагрузка вентиляция, Гкал/ч	Нагрузка ГВС, Гкал/ч	Схема ГВС	Примечание	Проектирование ИТП, тыс. руб.	Подготовка помещений, тыс. руб.	Оборудование ИТП, тыс. руб.	Доставка оборудования, тыс. руб.	Реконструкция внутридомовой разводки, тыс. руб.	Строительно-монтажные работы, тыс. руб.	Сумма, тыс. руб.
59	Бушмакина	6	ж.д.	0,232	0,000	0,025	двухступенчатая		61	12	242	15	166	246	741
60	Бушмакина	14	ж.д.	0,251	0,000	0,028	двухступенчатая		66	12	266	16	175	246	780
61	Бушмакина	27	ж.д.	0,065	0,000	0,012	двухступенчатая		41	12	158	9	117	246	584
62	Доватора	34	ж.д.	0,222	0,000	0,023	двухступенчатая		59	12	235	14	159	246	725
63	Доватора	40	ж.д.	0,376	0,000	0,060	двухступенчатая		119	12	554	33	244	396	1359
64	Можайская	24	ж.д.	0,189	0,000	0,024	двухступенчатая		61	12	248	15	157	246	739
65	Талицкий	6	ж.д.	0,194	0,000	0,032	двухступенчатая		68	12	295	18	162	246	800
66	Талицкий	10	ж.д.	0,188	0,000	0,024	двухступенчатая		59	12	241	14	156	246	729
67	Черняховского	21	ж.д.	0,186	0,000	0,023	двухступенчатая		59	12	238	14	154	246	723
68	Черняховского	54	ж.д.	0,178	0,000	0,022	двухступенчатая		57	12	231	14	148	246	707
69	Черняховского	62	ж.д.	0,169	0,000	0,019	двухступенчатая		53	12	210	13	147	246	681
70	Черняховского	64	ж.д.	0,190	0,000	0,030	двухступенчатая		64	12	274	16	156	246	769
71	Черняховского	84	ж.д.	0,247	0,000	0,037	двухступенчатая		78	12	339	20	184	260	894
72	Азотная	38	ж.д.	0,008	0,000	0,001	двухступенчатая		37	12	72	4	15	246	386
73	Доватора	28	ж.д.	0,013	0,000	0,002	двухступенчатая		37	12	119	7	24	246	446
74	Черняховского	5	ж.д.	0,019	0,000	0,001	двухступенчатая		37	12	95	6	24	246	420
75	Городищенская	5	ж.д.	0,096	0,000	0,009	двухступенчатая		42	12	148	9	131	246	587
76	Фосфоритная	4	ж.д.	0,020	0,000	0,001	одноступенчатая		37	12	42	3	88	246	427
77	Фосфоритная	8	ж.д.	0,018	0,000	0,002	двухступенчатая		37	12	93	6	23	246	417
78	Азотная	32	ж.д.	0,007	0,000	0,002	двухступенчатая		37	12	119	7	22	246	443
79	В.-Удинская	8	ж.д.	0,010	0,000	0,002	двухступенчатая		37	12	80	5	17	246	397
80	Фосфоритная	14	ж.д.	0,014	0,000	0,003	двухступенчатая		37	12	89	5	20	246	409
81	Черняховского	1	ж.д.	0,023	0,000	0,004	двухступенчатая		37	12	97	6	105	246	503
82	Черняховского	30	ж.д.	0,109	0,000	0,010	двухступенчатая		41	12	147	9	125	246	579
83	Бушмакина	19Б	лит.Б	0,206	0,000	0,082	одноступенчатая		106	12	521	31	195	354	1220
84	Бушмакина	22	дет.сад №327	0,091	0,000	0,075	одноступенчатая		96	12	476	29	171	320	1104
85	Колвинская	23	дет.сад №49	0,154	0,000	0,096	одноступенчатая		119	12	604	36	200	396	1367
86	Черняховского	80	дет.сад №249	0,169	0,000	0,099	одноступенчатая		123	12	627	38	205	410	1415
87	Бушмакина	26	хоз.корпус	0,071	0,000	0,005	двухступенчатая		37	12	113	7	119	246	534
88	Черняховского	72	школа	0,328	0,000	0,015	одноступенчатая		71	12	269	16	208	246	822
89	Бушмакина	7	гостиница	0,077	0,000	0,003	одноступенчатая		37	12	74	4	129	246	502
90	Суперфосфатная	6	мисс.центр	0,000	0,000	0,000	нет ГВС		0	0	0	0	0	0	0
91	Суперфосфатная	20	баня	0,000	0,000	0,040	двухступенчатая		64	12	371	22	56	246	771
92	Азотная	3	ч.с.	0,008	0,000	0,001	двухступенчатая		0	12	8	0	5	0	26
93	Азотная	5	ч.с.	0,011	0,000	0,000	одноступенчатая		0	12	35	2	53	0	103
94	Азотная	9	ч.с.	0,006	0,000	0,000	одноступенчатая		0	12	35	2	31	0	80
95	Азотная	19	ч.с.	0,004	0,000	0,000	двухступенчатая		0	12	4	0	3	0	20
96	Азотная	43а	ч.с.	0,007	0,000	0,000	одноступенчатая		0	12	35	2	34	0	83
97	Азотная	57	ч.с.	0,005	0,000	0,000	двухступенчатая		0	12	4	0	3	0	20
98	Азотная	61	ч.с.	0,008	0,000	0,000	одноступенчатая		0	12	35	2	39	0	88
99	Азотная	63а	ч.с.	0,004	0,000	0,000	двухступенчатая		0	12	4	0	3	0	19
100	Азотная	65	ч.с.	0,004	0,000	0,001	одноступенчатая		37	12	48	3	16	246	362
101	Ватутина	28	ч.с.	0,009	0,000	0,002	двухступенчатая		37	12	119	7	23	246	444
102	Ватутина	41	ч.с.	0,008	0,000	0,000	одноступенчатая		0	12	35	2	38	0	88
103	Волокаламская	3	ч.с.	0,009	0,000	0,000	одноступенчатая		0	12	35	2	41	0	91
104	Волокаламская	5	ч.с.	0,007	0,000	0,001	двухступенчатая		37	12	72	4	14	246	385
105	Волокаламская	9	ч.с.	0,005	0,000	0,000	двухступенчатая		0	12	4	0	3	0	20
106	Волокаламская	10	ч.с.	0,008	0,000	0,001	двухступенчатая		37	12	72	4	15	246	385
107	Волокаламская	12	ч.с.	0,009	0,000	0,001	двухступенчатая		0	12	8	0	6	0	27
108	Волокаламская	13	ч.с.	0,006	0,000	0,000	одноступенчатая		0	12	35	2	32	0	82
109	Волокаламская	15	ч.с.	0,007	0,000	0,001	двухступенчатая		37	12	72	4	14	246	385

№ п/п	Улица	Дом	Назначение	Нагрузка отопление, Гкал/ч	Нагрузка вентиляция, Гкал/ч	Нагрузка ГВС, Гкал/ч	Схема ГВС	Примечание	Проектирование ИТП, тыс. руб.	Подготовка помещений, тыс. руб.	Оборудование ИТП, тыс. руб.	Доставка оборудования, тыс. руб.	Реконструкция внутридомовой разводки, тыс. руб.	Строительно-монтажные работы, тыс. руб.	Сумма, тыс. руб.
110	Волокаламская	17	ч.с.	0,005	0,000	0,000	двухступенчатая		0	12	4	0	3	0	20
111	Волокаламская	19	ч.с.	0,008	0,000	0,000	одноступенчатая		0	12	35	2	37	0	87
112	Волокаламская	19а	ч.с.	0,007	0,000	0,000	одноступенчатая		0	12	35	2	33	0	83
113	Волокаламская	20	ч.с.	0,008	0,000	0,001	нет ГВС		0	0	0	0	0	0	0
114	Волокаламская	21	ч.с.	0,009	0,000	0,001	двухступенчатая		0	12	8	0	6	0	27
115	Волокаламская	23	ч.с.	0,006	0,000	0,000	одноступенчатая		0	12	35	2	31	0	81
116	Волокаламская	25	ч.с.	0,008	0,000	0,001	двухступенчатая		0	12	8	0	5	0	26
117	Волокаламская	27	ч.с.	0,007	0,000	0,000	одноступенчатая		0	12	35	2	34	0	84
118	Волокаламская	30	ч.с.	0,008	0,000	0,001	двухступенчатая		37	12	95	6	18	246	414
119	Волокаламская	31	ч.с.	0,006	0,000	0,000	двухступенчатая		0	12	4	0	4	0	20
120	Волокаламская	35	ч.с.	0,008	0,000	0,001	нет ГВС		0	0	0	0	0	0	0
121	Волокаламская	38	ч.с.	0,008	0,000	0,001	двухступенчатая		37	12	95	6	18	246	414
122	Волокаламская	45	ч.с.	0,007	0,000	0,001	двухступенчатая		0	12	8	0	5	0	26
123	Волокаламская	46	ч.с.	0,015	0,000	0,000	одноступенчатая		0	12	35	2	67	0	116
124	Волокаламская	49	ч.с.	0,006	0,000	0,001	двухступенчатая		37	12	72	4	14	246	384
125	Волокаламская	51	ч.с.	0,005	0,000	0,000	двухступенчатая		0	12	4	0	3	0	20
126	Колвинская	41	ч.с.	0,004	0,000	0,001	двухступенчатая		37	12	72	4	13	246	383
127	Краснодонская	2	ч.с.	0,006	0,000	0,000	двухступенчатая		0	12	4	0	4	0	20
128	Краснодонская	3	ч.с.	0,009	0,000	0,001	двухступенчатая		37	12	72	4	15	246	386
129	Краснодонская	13.1	ч.с.	0,004	0,000	0,000	двухступенчатая		0	12	4	0	3	0	20
130	Краснодонская	14	ч.с.	0,008	0,000	0,000	нет ГВС		0	0	0	0	0	0	0
131	Краснодонская	18	ч.с.	0,005	0,000	0,000	нет ГВС		0	0	0	0	0	0	0
132	Краснодонская	21	ч.с.	0,007	0,000	0,001	нет ГВС		0	0	0	0	0	0	0
133	Краснодонская	22	ч.с.	0,008	0,000	0,001	нет ГВС		0	0	0	0	0	0	0
134	Федотова	4	ч.с.	0,009	0,000	0,000	одноступенчатая		0	12	35	2	41	0	91
135	Федотова	14	ч.с.	0,004	0,000	0,000	двухступенчатая		0	12	4	0	3	0	20
136	Федотова	22	ч.с.	0,005	0,000	0,002	одноступенчатая		37	12	86	5	22	246	408
137	Федотова	24	ч.с.	0,005	0,000	0,001	двухступенчатая		0	12	8	0	4	0	25
138	Федотова	46	ч.с.	0,005	0,000	0,000	двухступенчатая		0	12	4	0	3	0	20
139	Фосфоритная	5.2	ч.с.	0,000	0,000	0,001	нет ГВС		0	0	0	0	0	0	0
140	Фосфоритная	6.1	ч.с.	0,009	0,000	0,000	одноступенчатая		0	12	35	2	43	0	92
141	Фосфоритная	6.2	ч.с.	0,009	0,000	0,001	двухступенчатая		37	12	72	4	15	246	386
142	Фосфоритная	9	ч.с.	0,013	0,000	0,001	двухступенчатая		37	12	95	6	21	246	417
143	Фосфоритная	12.2	ч.с.	0,007	0,000	0,000	одноступенчатая		0	12	35	2	33	0	82
144	Черняховского	13.1	ч.с.	0,011	0,000	0,001	двухступенчатая		37	12	72	4	16	246	387
145	Черняховского	26	ч.с.	0,010	0,000	0,001	двухступенчатая		0	12	8	0	6	0	27
<b>ИТОГО по котельной</b>				<b>14,00</b>	<b>0,00</b>	<b>2,10</b>			<b>5898</b>	<b>1682</b>	<b>23447</b>	<b>1407</b>	<b>13735</b>	<b>28079</b>	<b>74 249</b>
<b>БК Искра (БК Молодежная)</b>															
146	Веденеева	79	ж.д.				двухступенчатая								
147	Веденеева	81	ж.д.				двухступенчатая								
148	Веденеева	83	ж.д.				двухступенчатая								
149	Веденеева	85	ж.д.				двухступенчатая								
<b>ИТОГО по котельной</b>						<b>0,3</b>			<b>336</b>	<b>96</b>	<b>1337</b>	<b>80</b>	<b>783</b>	<b>1602</b>	<b>4 235</b>