

**РАСЧЁТ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ
РЕКОНСТРУКЦИИ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ
ТЕПЛОНАСОСНОЙ УСТАНОВКИ НА БАЗЕ
КОТЕЛЬНОЙ РТС-3 Г. ЗЕЛЕНОГРАДА**

Москва 2013

1 ПРЕДЛАГАЕМЫЕ РЕШЕНИЯ

1.1 Общее описание существующей установки

Установка создана в соответствии с Постановлением Правительства Москвы № 776-ПП от 24 сентября 2002 г. и введена в строй в апреле 2004 г.

АТНУ осуществляет предварительный подогрев исходной водопроводной воды, поступающей в котельные агрегаты районной тепловой станции РТС-3 и, затем, в открытую систему горячего водоснабжения. Подогрев производится за счёт использования низкопотенциальной теплоты неочищенных сточных вод расположенной в этой же промышленной зоне главной канализационно-насосной станции (ГКНС) перекачки сточных вод. Принципиальная схема установки приведена на рис. 1.

АТНУ включает пять основных частей:

- теплонасосный тепловой узел (ТТУ);
- трубопроводы системы сбора низкопотенциального тепла (ССНТ);
- теплообменник утилизатор;
- трубопроводы напорной канализации;
- группу подающих фекальных насосов в главной канализационно-насосной станции (ГКНС).

Неочищенные сточные воды из приёмного резервуара, расположенного под грабельным отделением ГКНС, имеющие температуру $+18 \div +20^{\circ}\text{C}$, по трём ветвям подаются фекальными насосами 5а, 5б и 5в через трубопроводы Т5 напорной канализации в теплообменник-утилизатор, где отдают теплоту промежуточному теплоносителю (воде), охлаждаясь до температуры $+12 \div +1,4^{\circ}\text{C}$, а затем по трубопроводу Т6 возвращаются в резервуар. Суммарный расход сточных вод 400 м^3 в час.

Промежуточный теплоноситель с температурой +6 °С подаётся в теплообменник-утилизатор циркуляционными насосами 3а и 3б (насос 3в – резервный), расположенными в здании ТТУ, и возвращается в ТТУ с температурой +10 ÷ +12 °С. Промежуточный теплоноситель циркулирует между ТТУ и теплообменником-утилизатором по теплоизолированным трубопроводам ССНТ Т1 и Т2, длина трассы 657 м. Нагретый промежуточный теплоноситель подаётся в тепловые насосы (ТН) 1, где охлаждается до температуры +6 °С, отдавая тепло хладону парокомпрессионного контура, и вновь направляется в теплообменник-утилизатор, где нагревается сточными водами до температуры +10 ÷ 12 °С.

Тепловые насосы 1 имеют три парокомпрессионных контура каждый. ТН состоят из теплообменника-испарителя, где происходит охлаждение внешнего теплоносителя за счёт испарения хладона, трёх компрессоров, где происходит сжатие испарённого хладона, трёх теплообменников-конденсаторов, где происходит нагрев внешнего теплоносителя за счёт конденсации хладона, и терморегулирующих вентилей, обеспечивающих заданный режим работы ТН.

Из цеха водоподготовки РТС-3, из водовода В1 подачи водопроводной воды, в ТТУ с помощью насоса 4а (или 4б) подаётся исходная вода. Температура исходной воды в течение года колеблется от +3 до +20 °С. Для поддержания постоянного режима работы ТН вода подаётся к трёхходовому регулируемому клапану 2 прямого действия, соединяющему подающий трубопровод Т3 с байпасом Т5 подачи нагретой воды после ТН. Трёхходовой клапан 2 за счёт подмеса нагретой воды автоматически поддерживает постоянную температуру на входе в конденсаторы ТН на уровне 23 °С. Далее, циркуляционным насосом 4а или 4б вода подаётся в конденсаторы тепловых насосов, где нагревается хладоном до температуры 30 °С и возвращается по трубопроводу Т4 в цех водоподготовки в тот же водовод подачи воды из водовода В1, что позволяет исключить влияние работы

подпиточных насосов цеха водоподготовки на режим работы ТН. Расчётная мощность, передаваемая в цех водоподготовки, составляет 2000 кВт. Изменение расхода осуществляется автоматически в зависимости от температуры воды в водопроводе за счёт работы трёхходового клапана 2 байпасной линии Т5.

В ТТУ установлен счётчик тепловой энергии, регистрирующий тепловую мощность и количество теплоты, получаемой из системы сбора низкопотенциального тепла, и тепловую мощность и количество теплоты, передаваемой в цех водоподготовки.

Установка работает в постоянном автоматическом режиме.

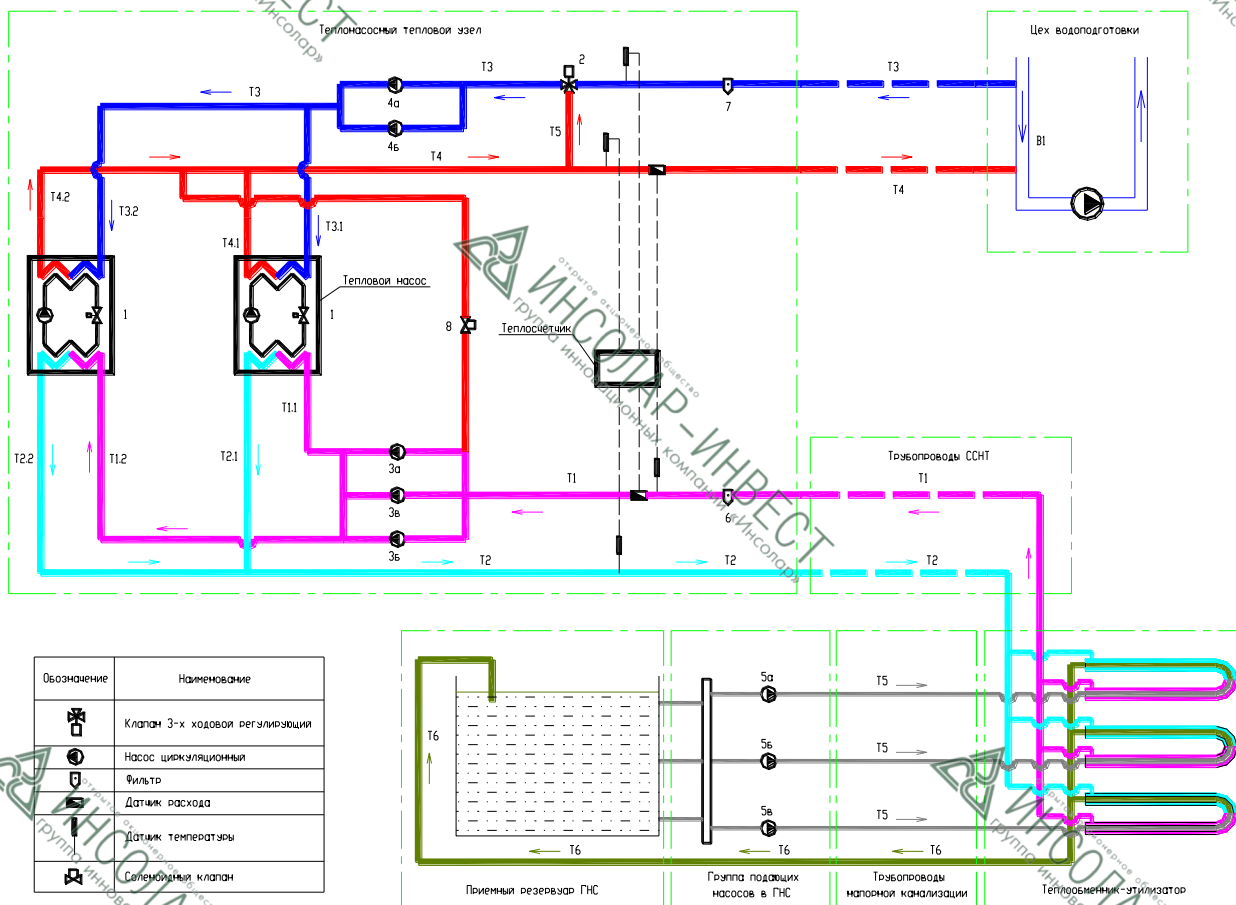


Рис. 1. Схема автоматизированной теплонасосной установки

1.2 Технические характеристики установки

Существующие тепловые насосы марки LCW 803 V, являющиеся основным оборудованием АТНУ, изготовлены фирмой Lennox в 2003 году. В 2010 году один из тепловых насосов (ТН2) был модернизирован с целью повышения эффективности работы установки. В настоящее время тепловые насосы имеют следующие основные характеристики:

Таблица 1.

№№	Параметр	Ед. изм.	Величина	
			ТН 1	ТН 2
1	Теплопроизводительность	кВт	1 000	1000
2	Холодопроизводительность	кВт	750	820
3	Потребляемая электрическая мощность	кВт	240	190
4	Коэффициент трансформации энергии	-	4,17	5,3

Поскольку изначально АТНУ проектировалась для подогрева подпиточной воды РТС при её работе на открытую систему теплоснабжения в настоящее время, в связи с закрытием системы и снижением расхода подпиточной воды, возникают новые требования к параметрам, которые должна обеспечивать АТНУ на входе подпиточной воды в цех водоподготовки. Так, расчётный расход подаваемой воды снизился и теперь составляет лишь порядка 50 м³/ч, при том, что проектный расход был значительно больше. Также требуется повышение температуры подаваемой воды с проектных 30 °С до 40 °С. В этой связи работа АТНУ, которая в связи с указанными выше факторами значительную часть года либо простаивает, либо работает с неполной мощностью, в настоящий момент ограничена и годовой фонд рабочего времени не превышает 5200 часов.

Так как в настоящее время АТНУ уже не удовлетворяет новым возникшим технологическим потребностям, предлагается произвести реконструкцию АТНУ с учётом изменившихся требований к её работе.

2 ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ РЕКОНСТРУКЦИИ

При реконструкции АТНУ предполагается произвести модернизацию теплового насоса ТН1 с тем, чтобы достичь требуемых технологических параметров – расход подпиточной воды не более 50 м³/ч при температуре подачи 40 °С. При этом предусматривается возможность дальнейшего снижения расхода подпиточной воды. Такое решение потребует также внесения изменений в существующую обвязку контура конденсаторов тепловых насосов. Это позволит использовать АТНУ в течение всего года с максимальной загрузкой.

Поскольку АТНУ является потребителем электрической энергии, производимой установленной на РТС-3 газотурбинной установкой (ГТУ), увеличение времени работы АТНУ положительным образом скажется и на работе ГТУ. АТНУ будет являться базовой и постоянной электрической нагрузкой для ГТУ, что позволит последней работать более устойчиво и на более стабильных режимах. При этом тепло, вырабатываемое ГТУ, будет направляться на подогрев воды в тепловой сети. При совместной работе АТНУ и ГТУ количество необходимых пусков/остановов котельного оборудования РТС-3, которые сейчас имеют место в летний период, может быть значительно снижено.

По проведённым расчётам получается, что после модернизации тепловой насос ТН1 будет иметь следующие характеристики:

Таблица 2.

№№	Параметр	Ед. изм.	Величина
1	Теплопроизводительность	кВт	1 008,2
2	Холодопроизводительность	кВт	774,3
3	Потребляемая электрическая мощность	кВт	233,9
4	Коэффициент трансформации энергии	-	4,31

Тогда общие параметры двух тепловых насосов после реконструкции по сравнению с проектными будут выглядеть следующим образом.

Таблица 3.

№№	Параметр	Ед. изм.	Величина	
			Проект	Реконстр.
1	Теплопроизводительность	кВт	2 000	2008,2
2	Потребляемая электрическая мощность	кВт	547,4	423,9
3	Коэффициент трансформации энергии	-	3,65	4,74
4	Количество часов работы в году	ч	5200	8520
5	Температура подаваемой на ВПУ воды	°С	30	40

Оценку экономической эффективности произведём на основании потребления энергоресурсов рассматриваемыми вариантами систем – проектной и после реконструкции.

При расчёте будем пользоваться следующими тарифами на основные энергетические ресурсы:

Стоимость природного газа, являющегося основным топливом РТС-3, составляет 3547,76 руб. за тысячу нормальных метров кубических.

Стоимость тепловой энергии, поставляемой потребителям – 1558,47 руб./Гкал.

Стоимость электроэнергии, вырабатываемой газотурбинной установкой РТС-3 и продаваемой в сеть, составляет 1,00 руб./кВт*ч с НДС.

Стоимость электрической энергии, приобретаемой от сторонних поставщиков (для работы насосов, установленных в ГКНС) 4,54 руб./кВт*ч с НДС.

Стоимость газа по данным заказчика составляет 4000 руб. за тысячу нормальных метров кубических или, в пересчёте на киловатт*часы, составит 0,43 руб./кВт*ч.

Тарифы приняты по данным, предоставленным эксплуатирующей организацией

3.1 Параметры существующей установки

При работе установки в течение 5200 часов на протяжении года общая выработка тепла составит:

$$2000 * 5200 = 10\ 400 \text{ МВт*ч в год.}$$

При этом потребление электроэнергии составит

$$547,4 * 5200 = 2846,48 \text{ МВт*ч в год.}$$

3.2 Параметры установки после реконструкции

При работе установки в течение 8520 часов (за вычетом времени, требуемого на проведение летнего профилактического ремонта) на протяжении года общая выработка тепла составит:

$$2008,2 * 8520 = 17\ 109,86 \text{ МВт*ч в год}$$

При этом потребление электроэнергии составит

$$423,90 * 8520 = 3\ 611,63 \text{ МВт*ч в год.}$$

Увеличение выработки тепла после реконструкции:

$$17\ 109,86 - 10\ 400 = 6\ 709,86 \text{ МВт*ч в год.}$$

Увеличение потребления энергии составит:

Собственно тепловыми насосами

$$3\,611,63 - 2846,48 = 765,15 \text{ МВт}\cdot\text{ч в год}$$

Циркуляционными насосами ТТУ

$$105,00 * (8520 - 5200) = 348,60 \text{ МВт}\cdot\text{ч в год}$$

Насосами ГКНС

$$78,00 * (8520 - 5200) = 258,96 \text{ МВт}\cdot\text{ч в год}$$

Снижение потребления газа котлами РТС-3 за счёт увеличения выработки тепла АНТУ составит 726,25 тысячи нм^3 в год.

Тогда увеличение затрат, связанных с увеличением потребления электроэнергии АНТУ при увеличении времени её использования в течение года можно вычислить следующим образом:

$$(765,15 + 348,60) * 1000 * 4,00 + 258,96 * 1000 * 4,54 = 2,29 \text{ млн. руб. в год}$$

При этом стоимость дополнительно выработанного тепла

$$6\,709,86 * 1000 / 1163 * 1558,47 = 8,99 \text{ млн. руб. в год}$$

А экономия на сокращении потребления газа котлами РТС-3

$$726,25 * 3547,76 = 2,58 \text{ млн. руб. в год}$$

Поскольку снижение потребления газа ведёт к снижению выбросов в атмосферу продуктов его сгорания, можно оценить снижение платы за выбросы. Так, в государственной программе Российской Федерации "Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на период до 2020 года", утверждённой распоряжением Правительства Российской Федерации от 27 декабря 2010 г. № 2446-р, указанный платёж принят равным 400 руб. за тонну CO_2 .

Снижение объёмов выбросов продуктов сгорания и загрязняющих веществ в атмосферу показаны в таблице 4.

Таблица 4.

№.№	Наименование показателя	Ед. измерения	Величина
1	Годовая экономия газа	тыс. нм ³	726
Снижение выбросов загрязняющих веществ в атмосферу:			
2	Диоксид углерода CO ₂	тонн	1 453
3	Оксид углерода CO	кг	39
4	Оксиды азота NO _x	кг	309
5	Диоксид серы SO ₂	кг	29
6	Летучие органические соединения	кг	0
7	Площадь леса, способная поглотить указанное количество углекислого газа	га	363

Тогда снижение платы за выбросы составит

$$1\,453 * 400 = 0,58 \text{ млн. руб. в год}$$

Для корректного сравнения рассматриваемых вариантов следует учесть также и затраты, связанные с техническим обслуживанием оборудования. Стоимость технического обслуживания АТНУ после реконструкции и увеличения продолжительности работы установки в течение года не возрастёт, поскольку состав и количество оборудования останутся прежними, и на 2013 год составят 2,04 млн. руб. По причине приблизительного (с точностью до инфляционной составляющей) равенства затрат на обслуживание оборудования в обоих рассматриваемых вариантах в дальнейшем расчёте эти затраты взаимно сокращаются.

По полученным данным можно определить экономическую эффективность проведения реконструкции АТНУ.

$$8,99 + 2,58 + 0,58 + 2,04 - 2,29 - 2,04 = 9,86 \text{ млн. руб. в год}$$

При величине капитальных затрат на проведение комплекса работ по реконструкции АТНУ, равной 6,5 млн. руб., выполнение указанных работ оказывается экономически оправданным.

3 ВЫВОДЫ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ РАСЧЁТА

В результате проведённых расчётов определено, что проведение реконструкции АТНУ с достижением новых технологических параметров, необходимых в связи с изменившимися условиями работы городской системы теплоснабжения, позволят повысить коэффициент загрузки оборудования АТНУ, обеспечить более высокие температуры нагрева воды, подаваемой на водоподготовку, повысить энергетическую эффективность установки и улучшить её экономические характеристики.

После реконструкции АТНУ ожидаемая экономия газа составит 726,25 тысячи нм^3 в год, а снижение выбросов диоксида углерода – 1453 тонн в год.

Экономическая эффективность проведения реконструкции АТНУ оценивается в **9,86 млн. руб. в год** при затратах на выполнение реконструкции в объёме 6,5 млн. руб.

Важно отметить, что реконструкция АТНУ положительным образом скажется и на работе ГТУ РТС-3. АТНУ будет являться базовой и постоянной электрической нагрузкой для ГТУ, что позволит последней работать более устойчиво и на более стабильных режимах. При совместной работе АТНУ и ГТУ количество необходимых пусков/остановов котельного оборудования РТС-3, которые сейчас имеют место в летний период, может быть значительно снижено.

Директор проектного отделения

ОАО «ИНСОЛАР-ИНВЕСТ»

Горнов В.Ф.

