

Министерство образования Республики Беларусь  
ВИТЕБСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
(ВГТУ)

УДК 662.957.8.001.5:628.387.2

№ гос. регистрации 19963673



УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по научной работе ВГТУ  
С.М.ЛИТОВСКИЙ  
1997 г.

## Отчет

по научно-исследовательской работе

(х/д № 400)

**«ИССЛЕДОВАТЬ И РАЗРАБОТАТЬ ТЕПЛОНАСОСНУЮ  
УСТАНОВКУ ДЛЯ УТИЛИЗАЦИИ ТЕПЛА СТОЧНЫХ ВОД ДЛЯ  
ОТОПЛЕНИЯ И ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ»**

Начальник НИС

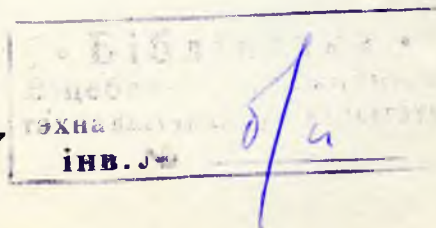
С.А.БЕЛИКОВ

Руководитель НИР, к.т.н., доц.

В.И.ОЛЫЦАНСКИЙ



Витебск - 1997



## СОДЕРЖАНИЕ

	<i>стр.</i>
СОДЕРЖАНИЕ.....	2
РЕФЕРАТ .....	3
СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ .....	4
1. ВЫБОР И АНАЛИЗ РАБОЧИХ АГЕНТОВ ДЛЯ ТЕПЛОНАСОСНОЙ УСТАНОВКИ.....	5
2. СХЕМА И ПРИНЦИП РАБОТЫ ТЕПЛОНАСОСНОЙ УСТАНОВКИ.....	7
3. ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ТЕПЛООБМЕННЫХ АППАРАТОВ ДЛЯ ТЕПЛОНАСОСНОЙ УСТАНОВКИ ТЕПЛОЙ МОЩНОСТЬЮ ОТОПИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ 50 КВТ .....	10
4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТРЕБЛЯЕМОЙ МОЩНОСТИ И ВЫБОР ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ ДЛЯ КОМПРЕССОРА.....	14
5. ТЕПЛОЙ РАСЧЕТ КОНДЕНСАТОРА ТЕПЛОНАСОСНОЙ УСТАНОВКИ.....	16
6. ТЕПЛОЙ РАСЧЕТ ИСПАРИТЕЛЯ ТЕПЛОНАСОСНОЙ УСТАНОВКИ .....	21
7. ТЕПЛОЙ РАСЧЕТ ПЕРЕОХЛАДИТЕЛЯ.....	25
8. ВЫВОДЫ.....	28
ЛИТЕРАТУРА.....	29
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	30

## РЕФЕРАТ

Отчет 31 с., 5 рис., 2 табл., 4 источника, 2 прил.

*ТЕПЛОНАСОСНАЯ УСТАНОВКА, УТИЛИЗАЦИЯ ТЕПЛА СТОЧНЫХ ВОД, РАБОЧНИЕ АГЕНТЫ, ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ КОНДЕНСАТОРА, ИСПАРИТЕЛЯ, ПЕРЕОХЛАДИТЕЛЯ, РАСЧЕТ ПРИВОДА КОМПРЕССОРА.*

Объектом разработки является энергосберегающая теплонасосная установка, использующая низкопотенциальное тепло сточных вод для отопления и горячего водоснабжения.

Целью работы является создание опытно-промышленного образца теплонасосной установки тепловой мощностью 50 кВт.

Основными техническими средствами для решения поставленной задачи являются теплообменные кожухотрубные аппараты, фреоновый поршневой компрессор, автоматическая система управления.

В результате проведенной НИР выполнены теплотехнические расчеты испарителя, конденсатора, переохладителя; расчет мощности привода, тип и марка компрессора.

На базе ПО «Монолит» (г.Витебск) изготовлен опытно-промышленный образец ТНУ тепловой мощностью 50 кВт. Который успешно эксплуатируется на Витебских очистных сооружениях. Научная новизна указанной НИР заключается в создании инженерных методов расчета и проектирования ТНУ.

Результаты проделанной НИР могут найти применение на промышленных предприятиях Республики Беларусь, имеющих низкопотенциальные источники тепла.

## СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

1. ОЛЬШАНСКИЙ Валерий Иосифович к.т.н., доц. зав.кафедрой ТиОМП, руководитель темы
2. ОЛЬШАНСКИЙ Анатолий Иосифович к.т.н., доц. кафедры «Охрана труда и промэкология»
3. МАХАРИНСКИЙ Юрий Ефимович Зав.лабораторией кафедры ТиОМП
4. ДРОЗДОВА Ольга Николаевна Зав.лабораторией кафедры ТиОМП
5. РОТЕНБЕРГ Валерий Ефимович ст.преподаватель кафедры СМ и ПМ
6. КОТОВ Алексей Анатольевич ассистент кафедры "Охрана труда и промэкология"

## 1. ВЫБОР И АНАЛИЗ РАБОЧИХ АГЕНТОВ ДЛЯ ТЕПЛОНАСОСНОЙ УСТАНОВКИ

В качестве рабочих тел в парокompрессионных тепловых насосах могут использоваться вещества или смеси веществ, которые должны обладать рядом специфических требований. Они должны обладать следующими *свойствами*: иметь низкую при атмосферном давлении температуру испарения  $t_{исп}$ , с тем, чтобы процесс испарения при подводе низкопотенциальной теплоты происходил при давлении  $P_{исп}$ , незначительно превышающем атмосферное, для исключения подсоса воздуха в испарителе установки; невысокое давление конденсации паров  $P_k$  при требуемой температуре нагрева теплоносителя с целью снижения требований к конструкции компрессора, уменьшение степени сжатия  $P_k/P_{исп}$  и снижения затрат электроэнергии на привод компрессора; высокую теплоту парообразования в рабочем интервале температур, что обеспечивает высокое значение теплопроизводительности установки, и коэффициента преобразования тепла; нетоксичность, невоспламеняемость, взрывобезопасность, высокую химическую стабильность, химическую инертность по отношению к смазочным маслам и металлам.

С этой точки зрения очень эффективными в термодинамическом отношении являются фреоны, которые представляют галоидные соединения насыщенных углеводородов, в основном метана, этана, пропана, бутана, получаемые в результате замещения атомов водорода атомами фтора, хлора и брома. Известны несколько десятков различных фреонов. Они представляют собой газы либо жидкости без запаха и цвета. Современное, принятое в международной практике обозначение фреонов R.

Токсичность фреонов очень мала: значение предельно допустимой концентрации фреона в воздухе (ПДК) в большинстве случаев составляет  $1...3 \text{ г/м}^3$ , в то время как ПДК аммиака составляет  $0,02 \text{ г/м}^3$ . Фреоны невоспламеняемы и взрывобезопасны даже при контакте с открытым пламенем. Однако не следует создавать таких открытых контактов с пламенем, так как продукты разложения фреонов действуют на слизистые оболочки человека, но эти продукты разложения легко обнаруживаются и легко удаляются.

Химическая стабильность фреонов весьма высока. Но на стабильность фреонов может влиять одновременное воздействие температуры, влаги и смазочных масел.

Из-за возможного разложения смеси фреона с маслом, предельной для многих фреонов считается температура после сжатия в компрессоре  $130...150^\circ\text{C}$  [1].

Взаимодействие фреонов со смазочными маслами имеет значение в основном для установок с поршневыми компрессорами, где неизбежно образование смеси рабочего тела с маслом. Минеральные масла, применяемые в поршневых фреоновых компрессорах, неограниченно растворяются во фреонах (кроме R22, R114, R502). Однако излишне высокое содержание масла во фреонах вызывает ухудшение теплопередачи в теплообменниках и влияет на значение температур испарения и конденсации и уменьшает коэффициент преобразования тепла. Для ТНУ, которые работают при более высоких температурах, чем холодильные машины, вязкость масла снижается иногда в 10 раз, что может приводить к ухудшению смазочных свойств на трущихся поверхностях и нарушению работы компрессора. Фреоны R22, R114, R502 не образуют стабильных смесей с маслом. Получается расслоение смесей, затрудняется возврат масла в компрессор и замасливание поверхностей теплообмена, что приводит к ухудшению теплоотдачи и уменьшению теплопроизводительности. Поэтому данные фреоны в дальнейшем как рабочие тела для ТНУ не рассматриваются.

Синтетические масла в отношении взаимодействия с фреонами более благоприятны, чем минеральные масла природного происхождения. Растворимость воды во фреонах мала, причем повышение температуры воды до  $60^\circ\text{C}$  вызывает рост растворимости воды во фреонах до 10 раз. Поэтому необходимо избегать попадания влаги во фреоны и

при содержании влаги выше 25...40 мг/кг перед заправкой ТНУ фреоны необходимо подвергать сушке. Содержание влаги во фреонах вызывает ускорение процесса старения масла и коррозию металлов. Конструкционные металлы в сухих фреонах, как правило, не корродируют. Исключение составляют сплавы магния и алюминия. Неметаллические материалы - пластмассы в конструкциях ТНУ используются пока только в качестве уплотнений. При применении фреонов с большим содержанием фтора воздействие на пластики ослабляется и возникает возможность использования для теплообменников труб на неметаллической основе, гораздо более дешевых, чем металлические. В экологическом отношении фреоны почти безупречны. Опасность загрязнения атмосферы фреонами, в связи с их воздействием на озоновый слой атмосферы, касается в основном производства аэрозольных упаковок ароматических средств и продуктов питания. Применение фреонов в тепловых насосах и холодильных машинах не ограничивается, так как утечки сводятся к минимуму, и эти установки герметичны. Как известно, заправка машин осуществляется практически один раз на весь срок службы установки. Необходимые для практических расчетов р-і диаграммы для различных фреонов приводятся в [1].

Выбор рабочих тел для ТНУ производится по основным показателям, таким как коэффициент преобразования тепла  $\phi_t$ , давление в испарителе  $P_u$ , давление в конденсаторе  $P_k$ , отношение давлений  $P_k/P_u$  (степень сжатия), объемная производительность  $q_v$ , теплота парообразования  $g$  [1].

Повышение давления конденсации  $P_k$  вызывает требование повышения прочности компрессора и его удорожание. Поэтому во всех странах Западной Европы, США и в России верхним пределом давления в поршневом компрессоре принимается 20 бар.

Для рассмотрения анализа и выбора рабочих агентов остаются фреоны: R11, R21, R113, R114, R12, R142.

#### 1. Хладагент R11

Имеет еще большую температуру после сжатия в компрессоре и его термическая стабильность представляет еще большую проблему, чем у R11. Расходные характеристики очень хорошие, требуются небольшие компрессоры, получают высокие коэффициенты преобразования тепла.

#### 2. Хладагент R113

Основной недостаток - довольно большой объемный расход (выше, чем у R21 и R114), что ведет к увеличению габаритов компрессора. Все остальные термодинамические характеристики очень хорошие. Давление в конденсаторе  $P_k = 1,1$  бар при температуре  $t_k = 50^\circ\text{C}$ , высокие коэффициенты преобразования тепла  $\phi = 4$ , низкая температура пара после сжатия в компрессоре.

#### 3. Хладагент R114

Низкая температура после компрессора, такой же объемный расход, как у R21. Однако высокое давление на входе в компрессор вызывает повышенную нагрузку в подшипниках компрессора. Степень сжатия самая низкая и высокие коэффициенты преобразования тепла.

#### 4. Хладагент R142

По своим свойствам близок к агенту R114, однако выше теплота парообразования (такая же, как у R22).

#### 5. Хладагент R12

Получил самое широкое применение, как и R142 для ТНУ в России. Обладает большими достоинствами. К недостаткам относятся более низкая теплота преобразования, чем у R142, довольно высокое отношение давлений  $P_k/P_u$ , равное 3,96 при  $t_k = 50^\circ\text{C}$ , но очень высокая объемная производительность  $g_v$  и высокий коэффициент преобразования тепла  $\phi_t$ .

## ЛИТЕРАТУРА

1. Данилова Г.Н., Богданов С.Н. Теплообменные аппараты холодильных установок. - Л.: Машиностроение, 1973.
2. Пеклов А.А. Гидравлические машины и холодильные установки. - Киев: Высшая школа, 1971.
3. Михеев М.А. Основы теплопередачи. - М.: Энергия, 1973. - 320 с.
4. Исаченко В.П., Осипова В.А., Сукамел А.С. Теплопередача. - М.: Энергия, 1981.