

Нет автора

Журнал Холодильная техника 1961 года №3

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 621.3
ББК 31.352
Н57

Н57 **Нет автора**
Журнал Холодильная техника 1961 года №3 / Нет автора – М.: Книга по Требованию, 2021. – 77 с.

ISBN 978-5-458-64572-0

ISBN 978-5-458-64572-0

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2021
© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2021

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, клякс, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг – не самое лучшее решение для восстановления текста в его первоизданном виде, однако, наша цель – вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания – решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.

ше, то термобатарея начинает работать в режиме холодильной машины.

Во втором случае повышение э. д. с. внешнего источника приводит к возрастанию температурных напоров между средами и стенкой и к увеличению плотностей тепловых потоков q_0 и q . При этом в цепи проходит ток, всегда превышающий по силе ток короткого замыкания; теплопередача интенсифицируется за счет дополнительной затраты электроэнергии. Однако эти затраты на единицу переносимого тепла при работе полупроводниковой термобатареи в режиме интенсификатора теплопередачи гораздо меньше, чем в режиме холодильной машины или теплового насоса, так как тепловой поток Фурье в данном случае не рассматривается как потери.

Плотность тепловых потоков q_0 и q можно определить по формулам

$$q_0 = \frac{1}{2} \cdot \frac{q'_0 \left(1 - \frac{ei}{2\alpha} + \frac{\lambda}{2l\alpha}\right) - q' \frac{\lambda}{2l\alpha}}{\left(1 - \frac{ei}{2\alpha} + \frac{\lambda}{2l\alpha}\right) \left(1 + \frac{ei}{2\alpha_0} + \frac{\lambda}{2l\alpha_0}\right) - \frac{\lambda^2}{4l^2\alpha\alpha_0}}, \quad (1)$$

$$q = \frac{1}{2} \cdot \frac{q' \left(1 + \frac{ei}{2\alpha_0} + \frac{\lambda}{2l\alpha_0}\right) - q'_0 \frac{\lambda}{2l\alpha_0}}{\left(1 - \frac{ei}{2\alpha} + \frac{\lambda}{2l\alpha}\right) \left(1 + \frac{ei}{2\alpha_0} + \frac{\lambda}{2l\alpha_0}\right) - \frac{\lambda^2}{4l^2\alpha\alpha_0}}, \quad (2)$$

где: $q'_0 = eT'_0 i - \frac{1}{2} \rho li^2 + \frac{\lambda}{l} (T'_0 - T')$, (3)

$$q' = eT' i + \frac{1}{2} \rho li^2 + \frac{\lambda}{l} (T'_0 - T'). \quad (4)$$

В формулах (1) — (4):

e, ρ, λ — приведенные значения термоэлектрических параметров полупроводниковых материалов;

T'_0 и T' — температуры теплообменивающихся сред;

α_0 и α — коэффициенты теплоотдачи;

i — плотность тока;

l — длина термопар.

Вывод этих формул для случая, когда термобатарея работает в режиме холодильной машины, приведен в работе [2].

В зависимости от назначения установки положительным эффектом термобатареи можно считать либо тепло, отведенное от среды с температурой T'_0 , либо тепло, переданное среде с температурой T' . Энергетическая эффективность интенсификатора теплопередачи в этих случаях будет характеризоваться коэффициентами ε и φ

$$\varepsilon = \frac{q_0}{w} = \frac{q_0}{q - q_0}, \quad (5)$$

$$\varphi = \frac{q}{w} = \frac{q}{q - q_0}. \quad (6)$$

Температуры спаев термоэлементов T_0 и T определяются из соотношений

$$T_0 = T'_0 - \frac{q_0}{\alpha_0}, \quad (7)$$

$$T = T' + \frac{q}{\alpha}. \quad (8)$$

На рис. 1 представлены принципиальные схемы работы полупроводниковых термобатарей в режимах холодильной машины, термоэлектрогенератора и интенсификатора теплопередачи, а также приведены зависимости температур спаев, плотностей тепловых потоков и коэффициента ε от плотности тока, построенные по формулам (1—8).

Режимы холодильных машин и термоэлектрогенераторов изучены как теоретически, так и экспериментально.

Работа полупроводниковой термобатареи в режиме интенсификатора теплопередачи была исследована в лаборатории полупроводников

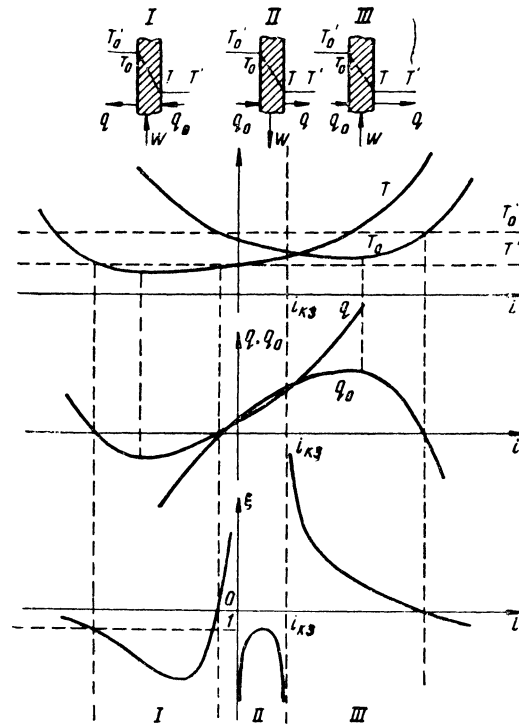


Рис. 1. Различные режимы работы полупроводниковых термобатарей:
I — холодильная машина, II — термоэлектрогенератор, III — интенсификатор.

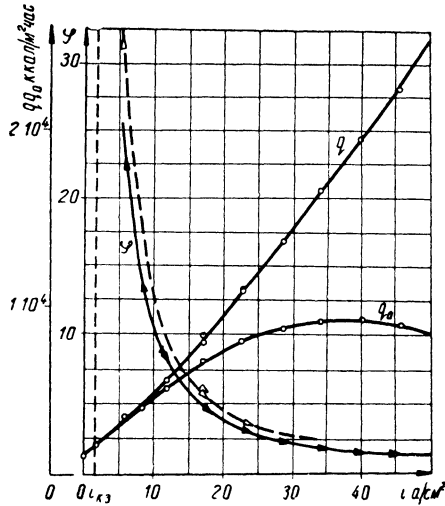


Рис. 2. Результаты испытаний полупроводникового интенсификатора теплопередачи (этиловый спирт — метиловый спирт).

Одесского технологического института пищевой и холодильной промышленности¹.

Изучалась интенсификация теплопередачи между конденсирующимися парами воды или этилового спирта с одной стороны термобатареи и кипящим метиловым спиртом с другой. Нормальные температуры кипения и конденсации этилового и метилового спиртов составляют 78 и 65°. Таким образом, разность температур между теплообменивающимися средами была в одном случае 35, а в другом 13°.

Результаты экспериментов представлены на рис. 2 и 3.

На рис. 2 приведены зависимости плотностей тепловых потоков q и q_0 и коэффициента φ от плотности тока i для случая теплообмена между этиловым и метиловым спиртами. Сплошными линиями показаны зависимости $q=f(i)$, $q_0=f(i)$ и $\varphi=f(i)$ при питании термобатареи от выпрямителя, собранного по мостовой схеме, а пунктирными — от аккумуляторных батарей.

Когда отсутствует ток, плотность теплового потока $q^* = q_0^* = 1060$ ккал/м²час. При плотности тока короткого замыкания 1,8 а/см² плотность теплового потока возрастает до значения $q = q_0 = 1800$ ккал/м²час. В этом случае для интенсификации теплопередачи внешняя работа не затрачивается.

При питании термобатареи током от внешнего источника теплопередача интенсифицируется. Так, например, для схемы с выпрямителем при $i=11$ а/см² величины q и q_0 возрастают примерно в 5 раз. Затрачиваемая электроэнергия при этом составляет около 15% от всего количества передаваемого тепла, т. е. $\varphi=6,7$.

Наибольшие полученные в опыте значения плотностей тепловых потоков составили: $q=26600$ и $q_0=8950$ ккал/м²час. Экстремальное значение q_0 наблюдалось при плотности тока $i=37,5$ а/см². В этом случае $\varphi=1,5$.

Во всех режимах при питании от аккумуляторов энергетические показатели установки улучшались примерно на 10—15% по сравнению с питанием от выпрямителя.

На рис. 3 представлены те же зависимости, но для случая теплообмена между конденсирующимися парами воды и кипящим метиловым спиртом.

Значения q_0^* и q^* составляли 5200 ккал/м²час. Плотность тока короткого замыкания равнялась 5,5 а/см². Наибольшие величины плотностей тепловых потоков, полученные в этом опыте, были: $q=18600$ и $q_0=14000$ ккал/м²час. При этом $\varphi=3$.

Сравнение этих двух опытов показывает, что полупроводниковые интенсификаторы теплопередачи целесообразно использовать в тех случаях, когда естественный теплообмен протекает недостаточно интенсивно.

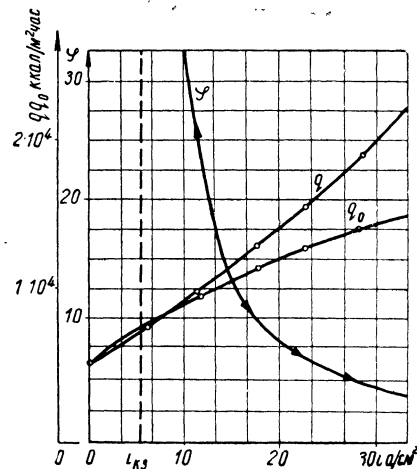


Рис. 3. Результаты испытаний полупроводникового интенсификатора теплопередачи (вода—метиловый спирт).

¹ Опыты проводила инж. С. А. Рожнецова.

Выводы

1. Полупроводниковые термобатареи можно применять не только для генерации холода или тепла, но и в качестве интенсификатора теплопередачи.

2. Энергетическая эффективность полупроводникового интенсификатора довольно высока. Даже при отсутствии внешнего источника питания, только при наличии тока короткого замыкания, дополнительное количество тепла, переносимого от нагретой среды к холодной, составляет существенную величину.

3. Применение полупроводникового интенсификатора особенно эффективно при незна-

чительной разности температур между теплообменивающимися средами.

4. Полупроводниковая термобатарея может также служить тепловым изолятором.

ЛИТЕРАТУРА

1. Полупроводники в науке и технике, Сборник работ Института полупроводников под ред. А. Ф. Иоффе, т. II, изд. АН СССР, 1958.

2. Г. Вихорев и В. Наер, Влияние теплоотдачи на характеристики полупроводниковых термобатарей для холодильников и тепловых насосов, Физика твердого тела, т. I, вып. 6, 1959.

Полупроводниковый пропорциональный регулятор температуры ПТР-П

Канд. техн. наук Ю. С. ДАВЫДОВ — Научно-исследовательский институт санитарной техники Академии строительства и архитектуры СССР, *инж. И. Т. МИХАЙЛОВ* — СКБ Прибор Орловского совнархоза

В схемах автоматики установок кондиционирования воздуха большое применение получили пропорциональные манометрические регуляторы температуры, например, ТПК и ТПД львовского завода «Теплоконтроль».

При электрической системе регулирования эти приборы работают в комплекте с балансным реле и электрическим исполнительным механизмом, при пневматической системе — в комплекте с балансным реле, электропневматическим реле и пневматическим исполнительным механизмом.

Минимальное значение неравномерности у пропорциональных регуляторов температуры около 3°. Они обладают значительной инерционностью вследствие больших размеров термочувствительного элемента. Расстояние от чувствительной до командной части прибора, как правило, не превышает 10 м и обычно составляет 1,6—3 м.

Из-за невысокой чувствительности и большой инерционности манометрические регуляторы температуры при минимальном значении неравномерности обеспечивают только 10—12 ступеней срабатывания пропорциональных электрических исполнительных механизмов, чего явно недостаточно.

Попытки существенно уменьшить инерционность, повысить чувствительность и сузить зону неравномерности манометрических пропорциональных регуляторов температуры путем изменения конструкции и улучшения качества изготовления прибора ни к чему не привели. Поэтому в НИИ Сантехники и Орловском СКБ Прибор были начаты работы по созданию прибора, в котором в качестве чувствительного элемента применено полупроводниковое термосопротивление (термистор).

В настоящее время пропорциональный полупроводниковый терморегулятор ПТР-П (рис. 1) прошел испытания и передан в серийное производство Орловскому заводу приборов.

Этот прибор позволяет осуществлять пропорциональное регулирование температуры жидкости и газа без применения схемы балансного реле. Он обладает высокой чувствительностью при незначительной инерционности.

Новый терморегулятор может применяться также для двух- и трехпозиционного и, в комплекте с импульсным прерывателем, — для астатического регулирования температуры.

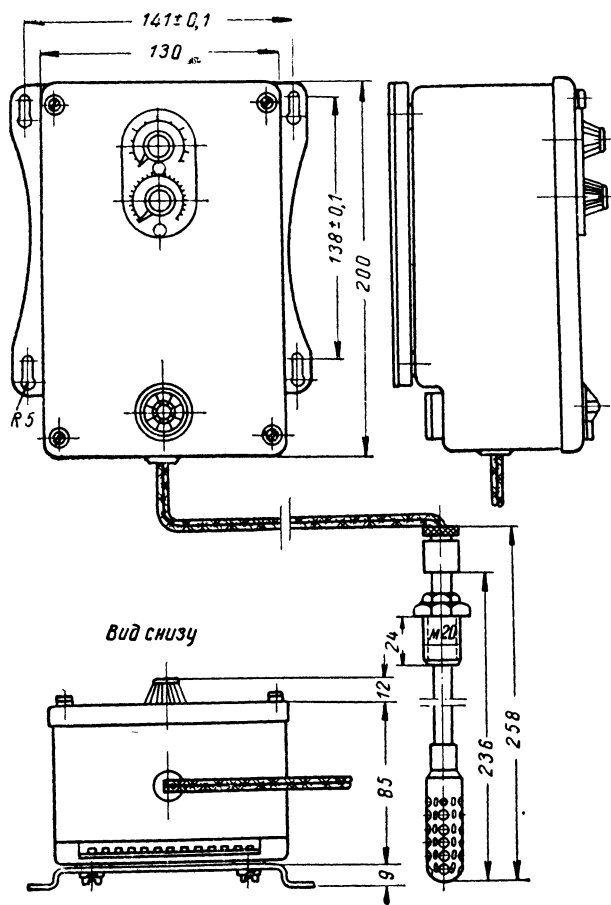


Рис. 1. Полупроводниковый пропорциональный терморегулятор ПТР-П.

Принципиальная схема прибора. Схема прибора ПТР-П (рис. 2) состоит из следующих основных элементов: измерительного моста переменного тока, двух каскадов предварительного усиления, эмиттерного повторителя, фазочувствительного каскада и блока питания.

Измерительный мост предназначен для преобразования колебаний контролируемой температуры в электрический сигнал.

Мост состоит из постоянных R_6 , R_{13} , R_{14} и переменных R_7 и R_g сопротивлений и термистора R_8 , в качестве которого для воздушной среды использовано термосопротивление типа ММТ-1, а для неагрессивных жидких сред — ММТ-4.

В схему моста включен реостат обратной связи исполнительного механизма (клеммы С, К, Б).

Сопротивление R_7 выполняет функции датчика температуры, а R_g позволяет устанавливать необходимую остаточную неравномерность¹.

Для усиления сигнала, снимаемого с моста, применен усилитель на полупроводниковых триодах.

Поступающий сигнал вначале усиливается двумя каскадами предварительного усилителя на триодах ПТ₁ и ПТ₂. Сопротивления R_3 и R_{10} являются сопротивлениями коллекторной нагрузки. Конденсаторы C_2 , C_3 и C_5 служат для разделения каскадов и моста по постоянному току. Через конденсаторы C_1 и C_4 осуществляется отрицательная обратная связь, стабилизирующая работу усилителя. Сопротивления R_1 и R_2 , R_5 и R_9 попарно составляют делители, снимаемое напряжение с которых обеспечивает требуемый режим работы каскадов усилителя. Сопротивления R_4 и R_{11} осуществляют отрицательную обратную связь, чем обеспечивается температурная стабилизация.

С выхода предварительного усилителя сигнал подается на вход эмиттерного повторителя, который согласовывает выходное сопротивление каскада предварительного усиления с входным сопротивлением фазочувствительного каскада и усиливает сигнал по мощности. Эмиттерный повторитель состоит из триода ПТ₃, сопротивления нагрузки R_{15} и режимного сопротивления R_{12} .

Далее сигнал поступает на вход фазочувствительного каскада, который позволяет различать направленный разбаланс моста и, усиливая полученный сигнал, заставляет срабатывать то или иное реле в соответствии с фазой поступившего сигнала. Фазочувствительный каскад состоит из триодов ПТ₄ и ПТ₅ и режимных сопротивлений R_{16} , R_{17} и R_{20} , R_{21} . Конденсаторы C_6 и C_7 служат для разделения каскадов по постоянному току. В коллекторы триодов включены реле, которые срабатывают при открывании и закрывании триодов. Конденсаторы C_8 и C_9 шунтируют обмотки реле и сглаживают импульсы тока в обмотках.

Сопротивления R_{19} и R_{22} обеспечивают устойчивую работу реле P_1 и P_2 и при первом же импульсе отключаются контактами IP_1 и IP_2 .

Триоды ПТ₄ и ПТ₅ питаются отрицательными полуволнами синусоидального напряжения, получаемого от диодов D_1 и D_2 .

¹ Остаточная неравномерность пропорционального регулятора — отклонение регулируемой величины (температуры) от задания, необходимое для полного открытия или закрытия регулирующего органа.

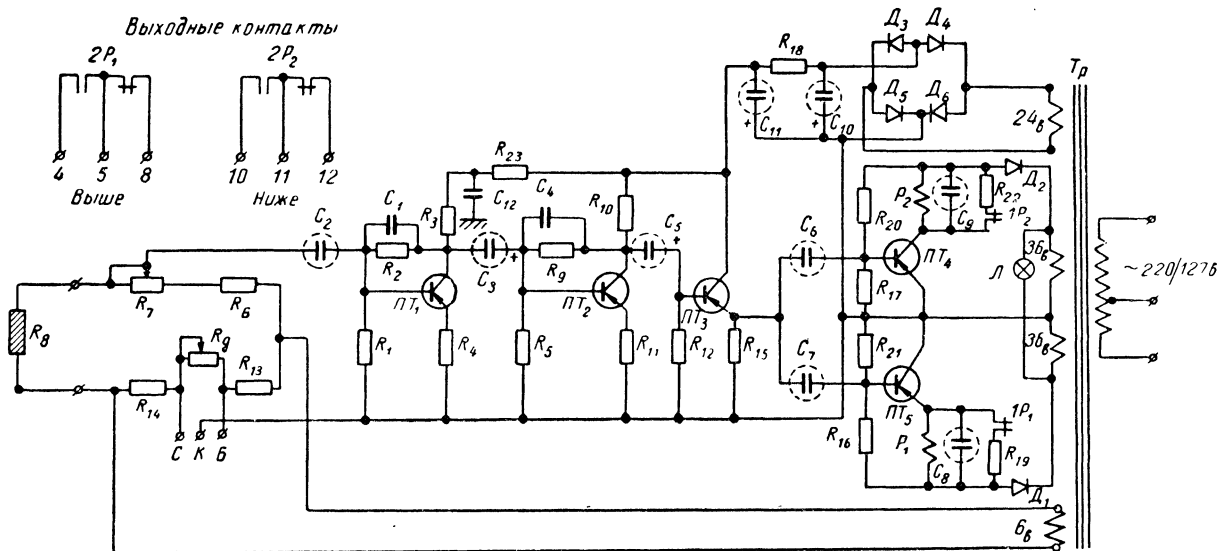


Рис. 2. Принципиальная схема прибора ПТР-П:

Тр.—трансформатор; С₁—С₁₂—конденсаторы; R₁—R₇ и R₆—R₂₃—сопротивления; R₈—термистор; P₁, P₂—реле; IP₁, IP₂ — контакты реле; Д₁—Д₆—диод Д7Б; ПТ₁, ПТ₂—триод П-14; ПТ₃, ПТ₄, ПТ₅—триод П4Б; R_g — переменное сопротивление настройки неравномерности; Л — сигнальная лампа МН-5.

В блок питания прибора входят: трансформатор, выпрямительные диоды Д₃—Д₆ и сглаживающий фильтр, состоящий из конденсаторов С₁₀, С₁₁ и сопротивления R₁₈.

Напряжение контролируется лампой Л.

Для осуществления пропорционального регулирования прибор ПТР-П снабжен тремя клеммами, к которым подключается реостат обратной связи исполнительного механизма.

При работе прибора в качестве двухпозиционного или трехпозиционного астатического регулятора температуры на эти три клеммы ставятся переключки.

Прибор имеет шкалы настройки температуры и неравномерности. Заданной температуре по шкале настройки прибора соответствует температура, при которой вал исполнительного механизма и связанный с ним движок реохорда обратной связи находятся в среднем положении.

Результаты испытаний. Полупроводниковый пропорциональный терморегулятор ПТР-П был испытан в лаборатории автоматизации санитарно-технических устройств НИИ Сантехники.

Определяли технические характеристики прибора и возможность его нормальной работы с электрическим исполнительным механизмом ПР. С этой целью термочувстви-

тельный элемент прибора помещали в термостат, где можно было длительно поддерживать и в широком диапазоне медленно изменять температуру окружающей среды, которая контролировалась лабораторными термометрами с ценой деления шкалы 0,1°.

В результате испытаний прибора, имеющего диапазон настройки от —10 до +16°, были получены следующие характеристики:

Регулируемая величина неравномерности, °С:	
минимальная	1,2
максимальная	5,5
Смещение настроечной точки при прямом и обратном ходе (гистерезис), °С	0,2
Погрешность настройки на крайних точках и одной из средних точек, °С	0,2
Зона нечувствительности, °С	0,02 (60 ступеней срабатывания при минимальном значении неравномерности)

Преимущества полупроводникового пропорционального терморегулятора ПТР-П в сравнении с пропорциональными манометрическими терморегуляторами ТПК львовского завода «Теплоконтроль» и TVBgd швейцарской фирмы «Заутер» показаны в табл. 1.

Таблица 1

Сравнительные характеристики пропорциональных регуляторов температуры*

Прибор	Погрешность на- стройки на крайних точках, °С	Величина нерав- номерности, °С		Смещение настроен- ной точки (гистерезис), °С	Зона нечувстви- тельности, °С
		минимальная	максимальная		
Полупроводниковый пропорциональный регулятор температуры ПТР-П	0,2	1,2**	5,5	0,2	0,02
Пропорциональные манометрические регуляторы температуры:					
ТПК	0,2	5,8	12,6	2,5	0,15
TVBrd	0,3	5	9	0,4	0,06

* Характеристики даны по материалам испытаний, проведенных в лаборатории автоматизации санитарно-технических устройств НИИ Сантехники инженерами Л. И. Агафоновой, В. М. Рубчинским и В. Г. Закревской.

** Эта величина может быть уменьшена до 1°.

Основные технические характеристики. Положительные результаты испытания регулятора температуры ПТР-П позволили рекомендовать его для серийного изготовления в различных модификациях (табл. 2).

Таблица 2

Модификации прибора ПТР-П серийного выпуска

Индекс	Диапазон настроек, °С	Тип	Величина неравномерности, °С
ПТР-П-Д01	-30 ÷ -5	Дистанционный	1 ÷ 5
ПТР-П-Д02	-10 ÷ +15		1 ÷ 5
ПТР-П-Д03	+5 ÷ +35		1 ÷ 5
ПТР-П-Д04	+20 ÷ +50		1 ÷ 5
ПТР-П-К01	+5 ÷ +35	Камерный	1 ÷ 5

Разрывная мощность выходных контактов у приборов всех модификаций одинакова: при напряжении 220 в переменного тока она равна 500, а постоянного — 50 в.

Питание прибора осуществляется переменным током напряжением 127/220 в, частотой 50 гц. Потребляемая мощность 3 ÷ 5 вт. Погрешность установки задания $\pm 0,5^\circ$.

Приборы выпускаются как камерные, так и дистанционные. Нормальное расстояние между датчиками и прибором 3 м, но оно может быть увеличено. При этом необходимо принимать во внимание, что каждые 5 ом сопротивления линии дают дополнительную погрешность настройки примерно 0,1°.

Терморегулятор смонтирован в кожухе с переходной панелью, что позволяет проводить как настенный, так и утепленный щитовой монтаж. Прибор весит не более 2,5 кг.

Выводы

Пропорциональный полупроводниковый регулятор температуры ПТР-П обладает высокой чувствительностью, малой неравномерностью, широким диапазоном настроек, незначительным (3—5 вт) потреблением электроэнергии и небольшой инерционностью термочувствительного элемента (примерно 15 секунд).

Прибор обеспечивает пропорциональное регулирование без применения балансного реле, что значительно снижает первоначальные затраты и повышает надежность системы регулирования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ю. Давыдов, В. Закревская, Исследование полупроводникового регулятора температуры типа ДТП-1, «Холодильная техника», 1959, № 6.
2. И. Михайлов, Полупроводниковые регуляторы температуры, «Сборник», вып. IV, ЦБТИ Воронежского совнархоза, 1960.

Расчет рабочих колес центробежного компрессора по номограммам

Инж. И. М. КАЛНИНЬ — ЦКБ холодильного машиностроения

При проектировании центробежных компрессоров преимущественно пользуются методом газодинамического расчета, который основан на теории, предполагающей равномерность поля скоростей в сечениях проточной части компрессора.

Несмотря на то, что теория плоского потока слабо отражает действительные явления, происходящие в центробежном компрессоре, и экспериментальные данные в основном относятся к воздушным компрессорам, опыт ЦКБ холодильного машиностроения в конструировании и испытании центробежных фреоновых компрессоров подтверждает возможность использования этого метода расчета и для тяжелых газов — фреонов.

Однако указанный метод, несмотря на относительную простоту, все же весьма громоздок. Наиболее трудоемкой частью его является расчет параметров рабочих колес. Выполнение ряда соотношений геометрических и газодинамических параметров затрудняется большим числом переменных величин, направление и степень влияния которых не всегда очевидны.

Получаемые в результате расчета соотношения и величины должны быть увязаны с конструкцией, для чего приходится рассчитывать несколько вариантов.

В связи с этим оказалось целесообразным разработать новый, более удобный метод расчета — номографический, позволяющий конструктору быстро решать различные варианты рабочих колес.

Нами выбраны сетчатые номограммы в логарифмических и равномерных координатах с несколькими переменными и с применением вспомогательных функций.

Предлагаемый порядок расчета не является единственным, так как номограммы позволяют решать различные прямые и обратные задачи. Он более всего подходит для расчета первого колеса при сжатии тяжелого газа.

Обозначение геометрических и газодинамических величин дано на рис. 1 в статье автора «Определение основных параметров центробежного компрессора» («Холодильная техника», 1961, № 1).

Номограмма I дает графическое решение уравнения для коэффициента закручивания:

$$\varphi'_2 = \frac{c_{2u}}{u_2} = 1 - \frac{c_{2r}}{u_2} \operatorname{ctg} \beta_2 - \frac{\pi}{z_2} \sin \beta_2.$$

Серия верхних кривых (по оси ординат с равномерной шкалой) позволяет определить величину $1 - \frac{c_{2r}}{u_2} \operatorname{ctg} \beta_2$ в зависимости от угла β_2 при постоянных $\frac{c_{2r}}{u_2}$. Серия кривых внизу выражает в том же масштабе (по оси ординат) величину $\frac{\pi}{z_2} \sin \beta_2$, учитывающую конечное число лопаток в зависимости от β_2 (при постоянных z_2).

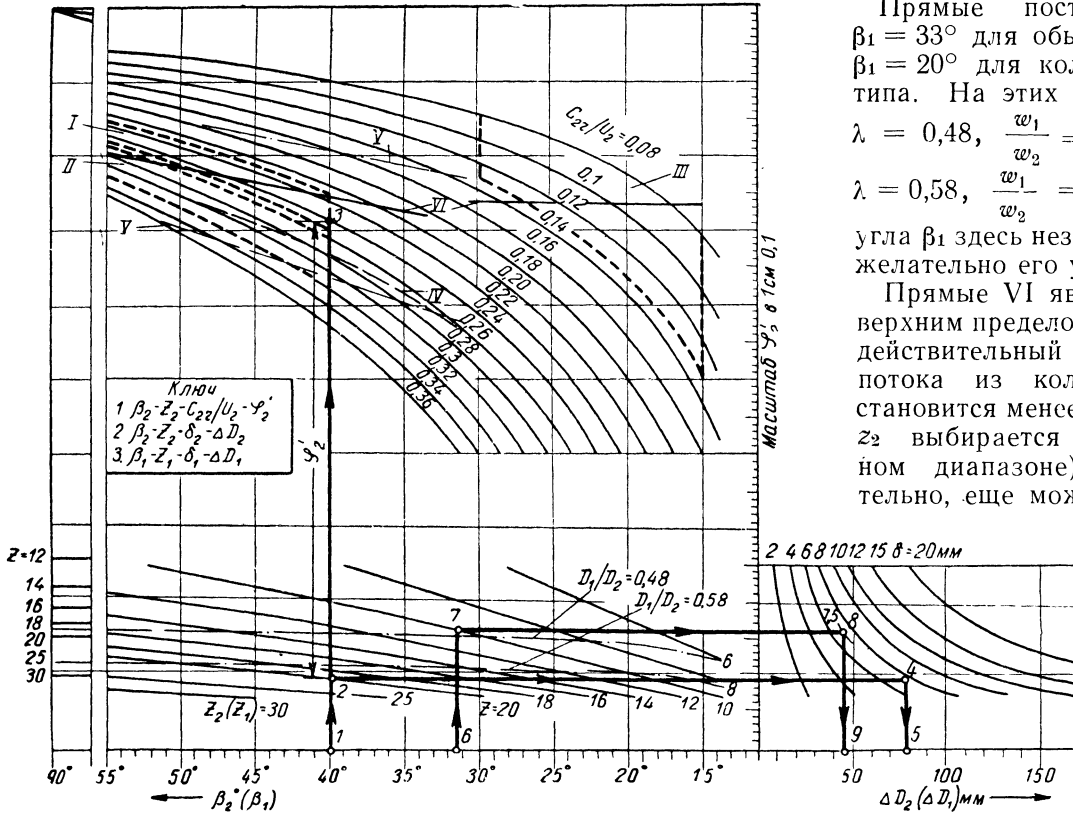
Задавшись углом выхода β_2 и выбрав число лопаток z_2 на выходе и величину $\frac{c_{2r}}{u_2}$, замеряем вертикальный отрезок между соответствующими кривыми (2—3), который равен φ'_2 в определенном масштабе (ключ 1—2—3). Штрих-пунктирные линии внизу ограничивают диапазон оптимального числа лопаток, соответствующий данному углу β_2 согласно уравнению, приведенному в работе [1]

$$z_{2\text{опт}} = \frac{6,8 \sin \left(\frac{\beta_1 + \beta_2}{2} \right)}{\operatorname{Ig} \frac{1}{\lambda}},$$

$$\text{где } \lambda = \frac{D_1}{D_2}.$$

При построении $z_{2\text{опт}}$ угол β_1 принимался постепенно уменьшающимся от 40° до 20° по мере уменьшения угла β_2 .

На кривых $\frac{c_{2r}}{u_2}$ обозначены поля рекомендуемых значений $\frac{c_{2r}}{u_2}$ в зависимости от угла β_2 : I, II, III — по Рису (соответственно, при



Номограмма I. Коэффициент закручивания.

Прямые построены при $\beta_1 = 33^\circ$ для обычных колес и $\beta_1 = 20^\circ$ для колес насосного типа. На этих кривых, при $\lambda = 0,48$, $\frac{w_1}{w_2} = 1,7$, а при $\lambda = 0,58$, $\frac{w_1}{w_2} = 2,0$. Влияние угла β_1 здесь незначительно, но желательно его уменьшение.

Прямые VI являются также верхним пределом, при котором действительный угол выхода потока из колеса еще не становится менее $18-22^\circ$ (если z_2 выбирается в оптимальном диапазоне) и, следовательно, еще может применяться

лопаточном диффузоре, безлопаточном диффузоре и для колес насосного типа [2]), IV — по Эккерту [3], V — по Лифшицу [4].

Нетрудно показать, что

$$\frac{w_1}{w_2} = \frac{\lambda \sin \beta_2}{\frac{c_{2r}}{u_2} \cos \beta_1}$$

т. е. указанное соотношение, характеризующее диффузорность колеса, зависит в основном от $\frac{c_{2r}}{u_2}$ и β_2 . Во избежание отрывов потока в колесе это отношение должно быть не выше $1,7-2,0$ [2]. Исходя из этого и построены прямые VI на данной номограмме, указывающие, ниже каких значений не следует принимать $\frac{c_{2r}}{u_2}$ при данном угле β_2 (на номограмме не рекомендуется выбирать значение $\frac{c_{2r}}{u_2}$ в области, расположенной выше прямой).

для безлопаточный диффузор:

$$\operatorname{tg} \alpha'_2 = \frac{c_{2r}}{\varphi_2 u_2}$$

в среднем $\varphi'_2 = 0,6 \div 0,65$.

На этой номограмме определяется также значение ΔD , характеризующее стеснение потока лопатками на входе в колесо и выходе из него в зависимости от величины $\frac{\pi \sin \beta}{z}$, отложенной по оси ординат, при постоянных толщинах кромок лопаток δ (мм), согласно уравнению

$$\Delta D = \frac{z \delta}{\pi \sin \beta}$$

От выбранного значения β_2 (β_1) проводят вертикаль до кривой, соответствующей величине z_2 (z_1), из точки пересечения ведут горизонталь до кривой δ_2 (δ_1) и, опускаясь по вер-

тикали из последней точки пересечения, получают на горизонтальной оси значение ΔD_2 или ΔD_1 (ключ 1—2—4—5 и 6—7—8—9).

При определении ΔD_1 угол β_1 принимается равным $30-35^\circ$ (40°) для компрессорных колес и $20-25^\circ$ (15°) для колес насосного типа. При этом число лопаток z_1 выбирается либо равным числу z_2 , либо, в случае применения укороченных лопаток, — половине от z_2 . Величина δ_2 (δ_1) определяется конструкцией колеса.

Номограмма II служит для определения напора, создаваемого колесом. На ней дается графическое решение уравнения

$$H = \frac{\varphi'_2 \eta_h u_2^2}{g}$$

В соответствии с предлагаемым порядком расчета величина u_2 определяется ниже.

По любым из трех заданных переменных этого уравнения находится четвертое. Построение основано на совмещении графиков зависимостей:

$$\lg \psi = \lg \varphi'_2 + \lg \eta_h,$$

$$\lg \psi = \lg H + \lg g - 2 \lg u_2.$$

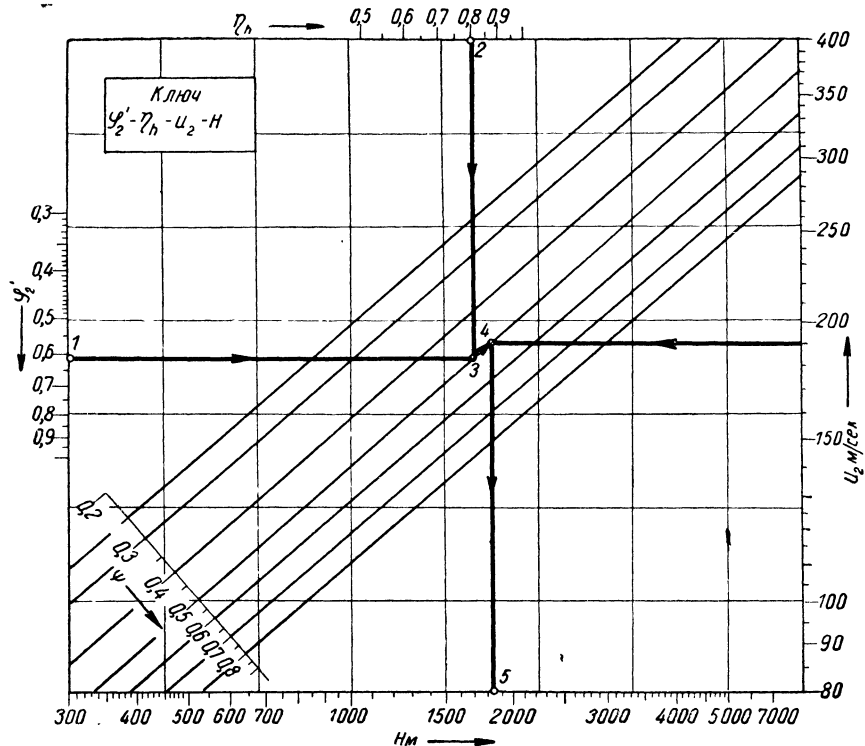
В качестве вспомогательной переменной здесь принят коэффициент напора ψ , значения которого даны в виде специальной (наклонной) шкалы.

Напорный к. п. д. ступени принимается [5]

$$\eta_h = (1,04 \div 1,1) \eta_{пол.}$$

Горизонтальная прямая, идущая от φ'_2 , и вертикальная — от η_h , засекают наклонную прямую ψ в точке своего пересечения. Передвигаясь по прямой ψ до горизонтали, идущей от u_2 , и опуская из этой точки перпендикуляр, получим на нижней оси величину H (ключ 1—2—3—4—5).

Номограмма III позволяет определить параметры входа в колесо. На этой номограм-



Номограмма II. Напор ступени.

ме решается относительно диаметра D_1 уравнение расхода при входе на лопатки колеса

$$D_1 = \frac{V_{сек}}{\pi b_1 u_1 \operatorname{tg} \beta_1} + \frac{z_1 \delta_1}{\pi \sin \beta_1},$$

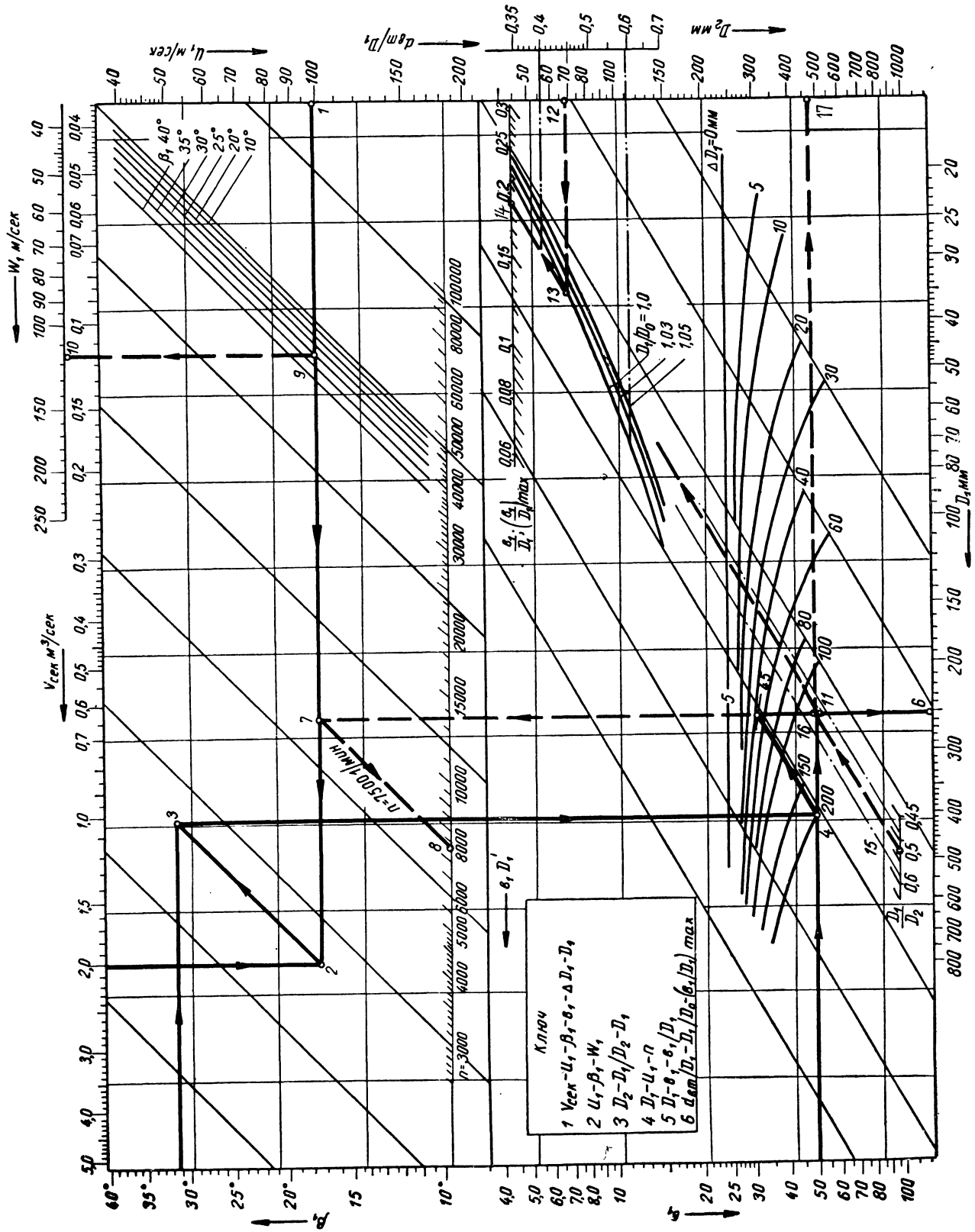
в котором $D'_1 = \frac{V_{сек}}{\pi b_1 u_1 \operatorname{tg} \beta_1}$ и $\Delta D_1 = \frac{z_1 \delta_1}{\pi \sin \beta_1}$,

т. е. $D_1 = D'_1 + \Delta D_1$.

Здесь: D'_1 — диаметр входа, который обеспечивает продвижение необходимого количества газа с заданной скоростью при заданной ширине канала b_1 для случая, когда кромки лопаток имеют бесконечно малую толщину;

ΔD_1 — величина, на которую нужно увеличить диаметр D_1 , для случая, когда кромки лопаток имеют конечную толщину δ_1 , чтобы обеспечить эту же скорость при прочих равных условиях.

Верхний прямоугольник представляет собой номограмму, в которой по любым трем величи-



Номограмма III. Параметры входа.